



Febrero 2015 No. 13

ESPECIES EN MOVIMIENTO

Oikos= **es una publicación periódica del Instituto de Ecología de la UNAM. Su contenido puede reproducirse, siempre y cuando se cite la fuente y el autor. Dirección: Circuito Exterior S/N, anexo Jardín Botánico, C.U., Del. Coyoacán, C.P. 04510. México, www.web.ecologia.unam.mx. Cualquier comentario, opinión y correspondencia, favor de dirigirla a: Dra. Clementina Equihua Z., al Apartado Postal 70-275, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D.F., o a los faxes: (52 55) 5616-1976 y 5622-8995. Con atención a: Unidad de Divulgacion y Difusión, del Instituto de Ecología, UNAM.**

Imagen de portada diseñada por: Diego Rodrigo Ortega Diaz.

















Febrero 2015 No. 13

Contenido

De los editores

Ecología y geografía: de los naturalistas del siglo XIX a la geomática

Luis E. Eguiarte, Clementina Equihua Z. y Laura Espinosa Asuar

Las plantas, animales y microbios viajan por el planeta. Diferentes linajes se transportan a distintas velocidades. Algunos lo hacen en días y consiguen llegar de un continente a otro — aunque esto puede ser raro y accidental — o se trasladan de manera regular, cada año, como parte de una migración estacional. Otros movimientos de los seres vivos suceden a lo largo de miles y tal vez millones de años, determinando los complejos patrones de distribución de los seres vivos en la Tierra.

Pero también los que estudian a los organismos, los naturalistas del pasado y los ecólogos y biólogos del presente, viajan por el mundo observando los cambios y patrones en la distribución geográfica de los seres vivos. Así, desde sus orígenes, la ecología y la biología evolutiva han estudiado la distribución, migración y movimiento de los organismos para interpretar a la naturaleza. Esto ha permitido entender cómo funcionan las fuerzas que organizan y estructuran a las comunidades naturales,ycómo estas fuerzas afectan o determinan la evolución de los seres vivos. En este número tenemos el placer de presentar una colección de artículos sobre este tema, abordando diferentes aspectos que relacionan la geografía y la ecología.

Los primeros naturalistas viajeros estudiaron el cambio de los organismos a lo largo del planeta — dando origen a la ecología moderna —. Son notables los viajes de Alexander von Humboldt a la América Tropical, y los bien conocidos estudios de Charles Darwin y Alfred Wallace por el mundo. Los rusos Piotr Kropotkin y Nikolái Vavílov son ejemplos menos conocidos. El primero viajó por las remotas tierras de Siberia, analizando su geografía y cómo los organismos sobreviven a las condiciones extremas, y N. Vavílov llegó a diferentes rincones de nuestro planeta, buscando los ancestros de las plantas cultivadas. Y así podríamos citar a decenas de otros naturalistas.

De esta manera se fueron descubriendo y describiendo patrones de diversidad, se identificaron similitudes y diferencias entre floras y faunas de diferentes regiones, así como una serie de adaptaciones al ambiente fascinantes y notables.

Dentro de estas adaptaciones, una de las más impresionantes son las migraciones estacionales latitudinales. Estas pueden involucrar el movimiento de organismos — en algunos casos a través de grandes extensiones de terreno, como lo hacen los ñus en África o los búfalos en Norte América —, pero son especialmente interesantes las migraciones de animales pequeños que recorren miles de kilómetros, tal es el caso de la mariposa monarca. El artículo escrito por Karen Oberhauser de la Universidad de Minnesota, describe la migración estacional de este insecto. Aunque es poco sabido en México, en realidad hay dos rutas y dos lugares de hibernación: uno en las sierras costeras del sur de California, donde llegan las monarcas del oeste de Norte América, y el otro son los famosos sitios en el centro de México, en Michoacán y Estado de México, donde llegan las monarcas del este del continente. En este artículo se discuten los problemas para la conservación de esta mariposa, que son diferentes para cada uno de los países involucrados (México, Estados Unidos y Canadá) y propone medidas para lograr que esta especie, sus poblaciones y su espectacular migración sobrevivan para las futuras generaciones.

Los colibríes y su gran diversidad de especies (338 en total) representan un grupo maravilloso para estudios ecológicos y evolutivos. Las múltiples diferencias que presentan en tamaño, formas y colores, son una de las adaptaciones más notables que existen en el reino animal. Francisco Ornelas, del Instituto de Ecología en Xalapa, revisa la ecología y evolución de la familia de los colibríes, usando como excusa la reseña del libro de Arizmendi y Berlanga recientemente publicado por la Conabio, obra donde se ilustran y describen todas las especies de colibríes en México y Norte América. Empleando como marco de referencia estudios filogenéticos recientes, Francisco Ornelas revisa la compleja ecología y evolución del grupo, que ha implicado notables radiaciones evolutivas recientes, así como expansiones y subsecuentes dispersiones. Los colibríes han llegado en diferentes oleadas a México, y los estudios indican que sus ancestros provenían de América del Sur. En nuestro país algunos grupos se diversificaron muy recientemente y hace relativamente poco tiempo invadieron y proliferaron en Estados Unidos y Canadá. Estos grupos migran anualmente a México para pasar el invierno, lo que es especialmente notorio si consideramos el pequeño tamaño de estos animales. Los *Archilocus colubris*, por ejemplo, cuando mucho llegan a medir unos 10 cm de envergadura y cruzan todo el Golfo de México sin parar.

Otro tema que se estudia desde la ecología, pero atañe a la agronomía y veterinaria, y además se relaciona con la geografía, es el estudio de la domesticación de plantas y animales. Para abordar este tipo de investigación surgen muchas pregun-



tas: ¿dónde fueron domesticadas las plantas y los animales?, ¿a partir de cuáles organismos silvestres comenzó este proceso de domesticación?, ¿cómo se seleccionaron estos organismos?, ¿qué buscaban las personas que iniciaron esta domesticación original?, ¿cuánto tiempo les llevó?, ¿cómo seleccionaron posteriormente toda las variedades y formas que hoy tienen muchas de estas plantas y animales? Este no es un ejercicio ocioso, ya que localizando las poblaciones ancestrales y las formas más primitivas de los organismos domesticados, se pueden encontrar importantes reservorios de material genético. Estos reservorios son importantes para lograr mejoras en los cultivos — un reto importante hoy en día frente al cambio climático global —, entre ellas resistencia a enfermedades y patógenos, adaptaciones a condiciones climáticas extremas, como sequía y calor, y para incrementar la producción. Naturalistas del siglo XIX y principios del XX, como el mismo Darwin, el suizo Alphonse Pyrame de Candolle y especialmente el naturalista ruso Vavilov se maravillaron por el proceso selectivo que generó la diversidad de los cultivos actuales, y trataron de localizar los orígenes de los mismos. Esta tarea ha resultado más complicada e interesante de lo que parecía, ya que implica el diseño de estudios cuidadosos y creativos a lo largo del planeta. Entender la domesticación de plantas y animales ha necesitado de trabajo interdisciplinario antropológico, arqueológico, sociológico, histórico, climático, agronómico y genético, además de los estudios tradicionales del botánico y del ecólogo. Al respecto, en este número se describe la domesticación y ecología de una planta tradicional, que aunque modesta, es un elemento característico de la cocina tradicional mexicana: el epazote. El grupo interdisciplinario liderado por el Dr. Rafael Lira, de la FES Iztacala de la UNAM nos relata las detalladas investigaciones etnobotánicas, morfológicas y genéticas que ha realizado con el fin de encontrar el centro de origen de la especie, para determinar cuáles son sus poblaciones ancestrales,y de esta forma documentar su diversidad y proceso de domesticación.

Los animales y plantas pueden ser trasladados a otras localidades intencionalmente por el hombre — tal es el caso de los organismos domesticados que mencionamos en el párrafo anterior —, o llegan a un nuevo ambiente de manera accidental como polizontes y pasajeros no registrados, y también dispersándose por sí mismos aprovechando carreteras, caminos, trenes, barcos y aviones. Estos organismos viajeros aprovechan además, las condiciones ambientales que hemos creado o modificado actualmente los humanos con nuestras actividades ya veces proliferan en nuevos ambientes donde no son nativos, lo que puede ser un problema cada vez más significativo para la conservación. Debido a que compiten con las plantas y animales originales, se genera un ambiente menos adecuado para las especies nativas. Este problema se ilustra de manera muy clara en la excelente revisión que hace Alfonso Aguirre Muñoz del grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. y colaboradores, sobre organismos invasores en las Islas Mexicanas. Un artículo especialmente relevante, ya que el día Internacional de la Diversidad Biológica de 2014, fue dedicado a la biodiversidad biológica de las islas.

En su contribución a este número de *Oikos=*, Gerardo Rodríguez y Paulina Trejo, del Instituto de Ecología, nos platican de una nueva disciplina llamada *geomática*, unión entre la geografía, la ecología e informática. Explican sus fundamentos y cómo los análisis modernos de la diversidad biológica en el espacio, los detalles de su distribución y patrones espaciales, así como su relación con el clima, y los posibles cambios geográficos considerando escenarios futuros, necesitan compilar y manejar bases de datos muy grandes junto con complicados análisis estadísticos y geográficos. Ilustran su artículo con bonitos ejemplos de la investigación que se hace sobre el tema en el Instituto: desde las libélulas y su relación con el cambio climático global, la deforestación y cambios de uso del suelo en la frontera Sur de México, hasta la documentación de cambios en la vegetación de la zona de Cuatro Ciénegas, debido al incremento constante del uso del agua para el riego agrícola.

La sección de opinión está dedicada a una actividad central de nuestro trabajo científico profesional, y que parece ser la maldición del científico moderno: publicar o perecer. El Dr. Barradas nos presenta una meditación personal al respecto, centrada en las diferentes aristas relacionadas con la proliferación de las revistas electrónicas de acceso libre, que tan atractivas suenan de primera entrada, pero que tienen riesgos y costos no siempre obvios. Estas ideas son exploradas desde una perspectiva muy personal, incluyendo interesantes anécdotas de nuestra prehistoria como científicos.

Esperamos que los lectores disfruten de este nuevo viaje por las fronteras de la ecología, y como siempre, anhelamos más contribuciones y reportes de nuestros compañeros ecólogos y naturalistas. De esta manera en los próximos números de *Oikos=* podremos conocer sus aventuras físicas y/o intelectuales por los ambientes de México y del mundo.

Luis E. Eguiarte
Clementina Equihua Zamora
Laura Espinosa Asuar
Editores Oikos=



Artículos

Batallas biológicas en las islas de México ¿estamos ganando la guerra?

Alfonso Aguirre Muñoz, Jordan Golubov y María C. Mandujano

La Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) decidió dedicar el 22 de mayo de 2014, día de la diversidad biológica, a la biodiversidad de las islas del mundo. Este acuerdo hace eco con la decisión XI/15, párrafo 1 con la cual la propia CDB "urge a las partes e invita a otros gobiernos, instituciones financieras y organizaciones relevantes a fortalecer la implementación del Programa de Trabajo de Biodiversidad de las Islas". Estas decisiones y exhortos a la acción son muy relevantes, pues las islas son de los territorios naturales más valiosos del planeta en términos de biodiversidad, están muy amenazadas por destrucción de hábitat y las especies invasoras, y representan una gran oportunidad de conservación y buen uso de los recursos naturales. El número de islas a nivel mundial es sorprendente, ya que existen cerca de 100,000 elementos insulares, lo que representa 3% de la superficie terrestre mundial. En las islas habitan aproximadamente 600 millones de isleños que dependen de los servicios ecosistémicos que proveen las islas y sus aguas adyacentes.

Históricamente las islas han sido una fuente muy importante de conocimiento biológico. De hecho son fuente esencial para la formulación de la teoría de la evolución, una de las más trascendentes en la historia de la humanidad. Darwin, en su viaje del Beagle (1831-1836) y a partir de la tan famosa y determinante visita a las islas Galápagos, escribió: "Esta ave (*Geospiza*) que está tan cercanamente relacionada con la tenca chilena (*Callandra* de B. Aires) es singular en cuanto a que existe como variedades o especies distintas en las diferentes islas — tengo cuatro especímenes para el mismo número de islas —. Éstas resultan ser 2 o 3 variedades, cada variedad siendo constante en su propia isla....". De manera paralela, en el archipiélago Malayo, Alfred Rusell Wallace compara la biodiversidad de un par de islas (Bali y Lombok), lo que llevó al establecimiento de la línea de Wallace que separa dos zonas zoogeográficas (la Oriental y la Australiana) y el nacimiento de la biogeografía. Wallace menciona que "Se reconoce que el cambio de las formas es cuestión de tiempo. La cantidad de diversidad que se encuentre en los restos orgánicos de dos estratos es una medida del tiempo que se tardaron en depositar. De la misma manera, la diversidad de especies de dos islas adyacentes es una medida del tiempo que han estado separadas...".

También Robert H. MacArthur y Edward O. Wilson, en 1967, con un sentido similar, formularon la teoría de biogeografía de islas para explicar la riqueza de especies que se encuentran en estos ecosistemas tan particulares, en función de su área y de la distancia a otras islas.

Sin embargo, las islas son sistemas especialmente vulnerables (Cuadro 1). Por esto, desde 2009 la Asamblea General de la ONU reconoció los efectos adversos a las islas bajo escenarios de cambio climático y el alza en el nivel medio del mar, derivando de ahí una serie de programas y reportes sobre la vulnerabilidad y sustentabilidad de las islas a nivel mundial. En el documento oficial se da mención especial merecen las especies invasoras, verdadero azote en las islas.

Debido a que pocas especies generalistas dominan el paisaje, diversos autores reconocen este fenómeno como *homogeneización biótica*. Con el aumento en la homogeneización de la biota a nivel mundial, algunas especies invasoras se convierten en problemas ambientales, económicos o de salud. Estamos hablando de casi 480,000 especies exóticas invasoras (EEI). La introducción o dispersión de estas especies fuera de su área de distribución natural, pasada o presente, ha sido una amenaza para la biodiversidad nativa en todo el mundo. De esta forma las especies invasoras se han convertido en uno de los factores de presión más importantes para la pérdida de la biodiversidad después de la pérdida de hábitat.

En México el panorama no es alentador: las especies exóticas invasoras son la tercera causa de pérdida de biodiversidad en general y en las islas se han convertido en la primera causa.

Las islas de México como un recurso estratégico

El territorio insular mexicano forma un conjunto de más de 2,500 elementos insulares y una superficie de 5,127 km^2, y es importante por distintas razones. México ocupa el décimo tercer lugar a nivel mundial en términos de extensión de su mar patrimonial (gracias a lo establecido en la III Conferencia de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar y lo definido en la Convención de 1982, firmada y ratificada por México). En buena medida, esto es gracias a las islas muy alejadas de la tierra firme, como Guadalupe y el archipiélago de Revillagigedo.

> *Homogeneización biótica* se refiere a la pérdida de identidad de las biotas regionales debido a que unas pocas especies generalistas de amplia distribución dominan el paisaje. Muchas de estas especies generalistas son plantas invasoras en una gran variedad de ecosistemas. De Vega Peña: *Temas sobre restauración ecológica*. p. 152.



Cuadro 1. Extinciones registradas de las islas en el mundo y en México.

A nivel mundial	En México
Aproximadamente la mitad de las 724 extinciones de animales registrados en los últimos 400 años han sido en islas	71% de las extinciones de vertebrados han sido en islas
El 90% de las extinciones de aves han ocurrido en islas	12% de las extinciones de aves endémicas han ocurrido en las islas mexicanas
12 de los 18 centros de endemismo marino están alrededor de islas, incluyendo 7 de los 10 arrecifes coralinos más importantes	Decreto de 23 áreas naturales protegidas y 81 sitios prioritarios para su restauración y conservación

La población humana en el territorio insular mexicano es de 269,000 personas distribuidas en 150 islas.

En términos de biodiversidad, el territorio insular mexicano mantiene al menos 8% de las especies terrestres de México. Las islas mexicanas no sólo son un acervo importante de biodiversidad, sino que en sus alrededores hay actividad económica importante, incluyendo pesquerías artesanales — destacan las de abulón y langosta — que llevan a cabo organizaciones cooperativas vinculadas a comunidades locales, hasta las de turismo de naturaleza, así como el despacho de volúmenes industriales de la sal de mar producida en Guerrero Negro, desde isla Cedros a Oriente.

La presencia de las especies invasoras en las islas mexicanas se remonta desde hace cinco siglos a los navegantes que se dedicaban a la cacería de mamíferos marinos y al comercio de sus pieles y grasas, los cuales recorrían las costas y dejaban pies de cría en las islas que posteriormente podrían ser utilizados a lo largo del año como fuente de alimento; tal es elcaso de las cabras, borregos y cerdos. Además, muchas veces la presencia del ser humano para explotar el guano de aves marinas y otras actividades comerciales, fue acompañada de la llegada de ratas, ratones y gatos a casi todas las islas del mundo, causando estragos. Estas especies, como otras exóticas invasoras son "especies que se encuentran fuera de su área de distribución natural" y han sido particularmente eficaces en la extinción de especies en las islas.

Las batallas biológicas en las islas mexicanas se estaban perdiendo por el aumento desmedido de las poblaciones de especies invasoras, como el caso de la cabra feral en isla Guadalupe, pues consumían todo material vegetal, tanto del matorral nativo como de las especies forestales. De hecho, un bosque del ciprés endémico de la isla (*Callitropsis guadalupensis*) de 4,000 ha quedó reducido a sólo 85 ha por causa de estas cabras. La vegetación del chaparral nativo y las demás especies arbóreas, como la palma endémica de Guadalupe (*Brahea edulis*), el pino endémico de la isla (*Pinus radiata* var. *binata*) y el encino insular (*Quercus tomentella*), fueron también severamente afectadas por las cabras.

Sin embargo, en México, de manera sistemática y atendiendo prioridades para la biodiversidad, se ha desarrollado un programa dedicado a erradicara las especies invasoras más perniciosas de islas, como lo son cabras, gatos, ratas y ratones, cerdos y borregos. Este trabajo inició hace un poco menos de dos décadas y se ha sostenido de maneramás intensa desde 1997. Se trata de un trabajo de amplia colaboración entre el gobierno federal, la academia y, de manera central como ejecutante, el Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI), una asociación civil privada que se especializa en el tema.

El estado actual de la guerra biológica en el territorio insular de México

En el golfo de California hay unas 232 islas que albergan 151 especies de vertebrados endémicos, 115 de plantas endémicas y 38 de aves marinas que anidan en ellas. En 1994, un censo reveló que 51 islas del noroeste de México tenían especies introducidas, 19 del Pacífico y 32 del golfo de California. Su presencia causó la extinción de 21 especies (Cuadro 2). De 1994 a la fecha, y gracias al esfuerzo de los grupos involucrados, el número de poblaciones de especies exóticas invasoras (EEI) erradicadas ha sido verdaderamente sorprendente (Figura 1), destacando a nivel mundial.

Aunque se dice fácil, erradicar poblaciones de EEI es un proceso sumamente laborioso, y que exige sofisticaciones tecnológicas y conocimiento biológico a diferentes niveles de organización. Técnicamente, la erradicación debe seguir los siguientes pasos, y la secuencia es importante: 1) un diagnóstico de la condición ambiental de la isla, el estado de deterioro y estudio sobre cómo era el estado del ecosistema insular antes de que fueran introducidas las especies invasoras; 2) hacer inventarios y estudios de línea-base (densidad e identidad de las especies) de las especies en la isla particular, tanto nativas o endémicas, como las introducidas; 3) establecer prioridades para decidir cuáles poblaciones de EEI e islas deben ser erradicadas; 4) determinar el método de control, por ejemplo, si se va a usarveneno cuál debe usarse, y cuál sería la metodología necesaria para cubrir el 100% de la isla; 5) identificar los riesgos que se corren por la propia erradicación y seleccionar las medidas preventivas; 6) escoger la mejor fecha para llevar a cabo la erradicación en función del clima y para minimizar los riesgos; 7) monitorear después de la erradicación para conocer la efectividad y el impacto positivo, desafortunadamente para esta actividad específica no abundan los recursos; 8) en ocasiones, asistir en la mejora general del ecosistema insular, es decir contribuir a la mejoría de suelos,



trasplantar ejemplares de uno a otro lado y atraer aves para que recolonicen la isla, de esta manera es de esperarse que las condiciones naturales de la isla retornarán a su sana trayectoria en cuanto a sus procesos ecológicos y evolutivos naturales; y 9) prevenir en el futuro la introducción de EEI a cualquier isla de México, como una forma eficaz de asegurar la inversión hecha con la restauración, con protocolos de bioseguridad insular adecuados para cada situación, junto con educación ambiental con los usuarios y comunidades locales. En todo caso, por los costos e impactos, no hay lugar a dudas de que "más vale prevenir que erradicar".

La logística para llevar a cabo un programa de erradicación en islas es monumental, pues como hemos mencionado, involucra a la sociedad civil (comunidades de las islas), dependencias del gobierno federal, organismos no gubernamentales y proveedores de servicios especializados. Entre las dependencias del gobierno participan organismos como la Secretaría de Marina (SEMAR), Armada de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el uso y Manejo de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). En particularlos permisos de liberación de venenos los otorgan la Secretaría de Salud (SS) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y la Secretaría de Gobernación (SEGOB) de acceso a personal de erradicación y monitoreo en las islas. GECI es un organismo no gubernamental que participa en la erradicación de EEI en islas de todo México: Pacífico de Baja California, golfo de California, Pacífico tropical, archipiélago de Revillagigedo, Caribe y golfo de México, y los proveedores de servicios especializados son compañías de helicópteros y fotógrafos. Además es importante contar consumas importantes de dinero para financiar las erradicaciones, fondos que suelen ser una combinación de recursos públicos y privados, nacionales e internacionales, así como aportaciones en especie (por ejemplo los barcos de la SEMAR y apoyo de las cooperativas de pescadores). Todos los actores, elementos y acciones deben estar sincronizados, con los roles y responsabilidades bien definidos y asumidos, con personal probado y de absoluta confianza.

Desde 2012, México tiene una Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano, que considera como prioritario el combate a las especies invasoras, incluyendo prevención, control y erradicación, así como transmitir información sobre las EEI a todos los niveles de la sociedad. En dicha estrategia se plantea como uno de los grandes objetivos el tener el 100% de las islas de México libres de mamíferos invasores para el 2020, así como planes piloto para erradicar las plantas invasoras.

A 6 años de llegar a la meta, México tiene libre de mamíferos exóticos invasores más del 50% de las islas. Más específicamente, se han llevado a cabo 55 campañas de erradicación para eliminar 10 especies diferentes de mamíferos en 35 islas, específicamente se han combatido rata gris, ratón doméstico, gato, cabra, borrego y cerdo, entre otros. En términos de área se ha cubierto una superficie acumulada de 5,170 km^2 (Figura 1).

La erradicación más reciente se llevó a cabo en la isla San Benito Oeste, frente a la península de Baja California, a fines de 2013. Se erradicó exitosamente a un ratón invasor en una isla que es un paraíso para las aves marinas, pues llega a reunir cerca de 12 millones de individuos de trece especies. El trabajo se realizó dispersando desde un helicóptero, con una cubeta aérea desarrollada en Nueva Zelanda, un veneno diseñado *ad hoc*. El vuelo para dispersarla cantidad exacta y de manera homogénea del veneno es asistido por un sistema de navegación y control muy preciso gracias al uso de un sistema de posicionamiento global diferencial o DGPS (ubicación dinámica de la aeronave dada por varios satélites de manera simultánea). La Secretaría de Marina apoyó el proyecto prestando un barco con helipuerto y hangar, mientras que la CONANP respaldó en toda la gestión de los trámites para aplicar el veneno. La cooperativa local Pescadores Nacionales de Abulón, que se mantienen presentes en las islas de Cedros y San Benito desde hace 75 años, apoyó con la logística local y hospedaje. Los permisos fueron otorgados por la SEMARNAT, la SEGOB y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. La ejecución la realizó la asociación civil mexicana GECI, que se especializa en restauración y conservación de islas.

Con esta trayectoria exitosa, México se ha colocado en la vanguardia mundial en el cuidado de la biodiversidad de las islas, cumpliendo plenamente con la recomendación de la CDB. Para continuar con la tarea, México ya cuenta con los protocolos de erradicación, una lista de las islas faltantes organizada por prioridades (Figura 2), personal capacitado y parte del financiamiento necesario para seguir combatiendo a las especies exóticas invasoras. De continuar con la actual trayectoria, no cabe duda que México logrará ganar estas batallas biológicas,considerando que desde ahora es uno de los primeros países en el mundo en salvaguardar la riqueza biológica contenida en las islas. Además, es ejemplar su metodología de erradicación de las EEI de islas y de cooperación entre actores a nivel nacionale internacional.

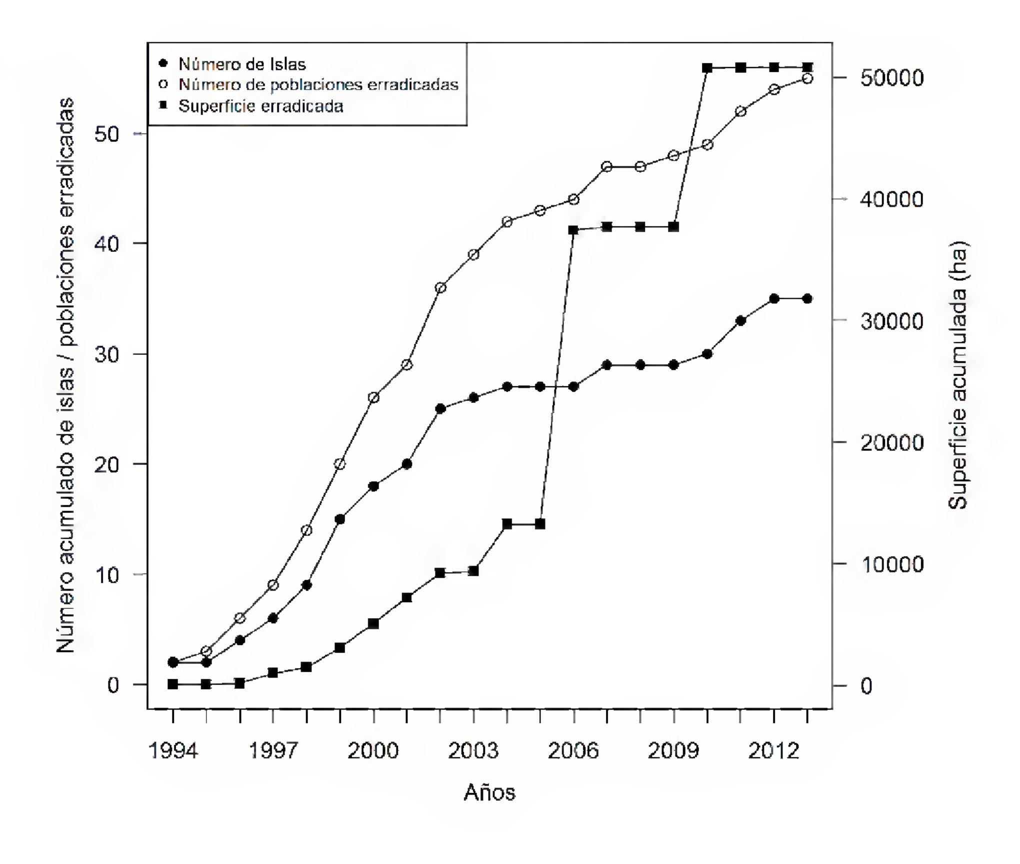


Figura 1. Desde 1994 se ha hecho un esfuerzo por erradicar especies exóticas invasoras (EEI) en las islas de México. El esfuerzo ha valido la pena porque más de 50 islas ya están libres de EEI.



Cuadro 2. Estado de conservación de especies y subespecies endémicas insulares de vertebrados terrestres de México. Las amenazas son la degradación de hábitat, competencia y depredación por mamíferos exóticos. EEI = Especie exótica invasora. Categorías según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN versión 2012.2.2: NE = No evaluado, EX = Extinta, CR = En peligro crítico, EW = Extinta en estado silvestre. Categorías según la NOM-59 de SEMARNAT: E = Probablemente extinta en el medio silvestre y P = En peligro de extinción.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ISLA	AÑO ÚLTIMO REGISTRO	AÑO DE ÚLTIMA BÚSQUEDA	CATEGORÍA UICN	CATEGORÍA NOM-059	EEI RESPONSABLE
Aimophila ruficeps sanctorum	Gorrión bigotudo	Todos Santos	1927	2005	NE	E	Gato
Colaptes auratus rufipileus	Carpintero alirrojo	Guadalupe	1906	2003	NE	E	Gato Cabra
Micranthene whitneyi graysoni	Tecolote enano	Socorro	1932	1981	NE	E	Gato Borrego
Oceanodroma macrodactyla	Petrel de Guadalupe	Guadalupe	1912	2000	CR	E	Gato Cabra
Pipiomaculatus consobrinus	Rascador pinto oscuro	Guadalupe	1897	2003	NE	E	Gato Cabra
Regulus calendula obscurus	Reyezuelo sencillo	Guadalupe	1953	2003	NE	P	Gato Cabra
Tryomanes bewickii brevicauda	Saltapared	Guadalupe	1892	2003	NE	E	Gato Cabra
Zenaida graysoni	Paloma de socorro	Socorro	1972	1981	EW	E	Gato Borrego
Chaetodipus baileyi fornicatus	Ratón de abazones	Montserrat	1975	2003	NE	P	Gato
Neotoma anthonyi	Rata de campo	Todos Santos	1950's	2005	EX	E	Gato
Neotoma bunkeri	Rata de campo	Isla Coronado Sur	1980's	1997	EX	P	Gato
Neotoma martinensis	Rata de campo	San Martín	1925	2006	EX	E	Gato
Oryzomys nelsoni	Rata arrocera de Tres Marías	María Madre	1898	2002	EX	E	Gato Rata negra
Peromyscus guardia harbisoni	Ratón de Ángel de la Guarda	Granito	1973	1999	CR	P	Rata negra
Peromyscus guardia mejiae	Ratón de Ángel de la Guarda	Mejía	1973	1999	CR	P	Gato
Peromyscus maniculatis cineritius	Ratón venado	San Roque	1960's	2009	NE	E	Gato Rata negra

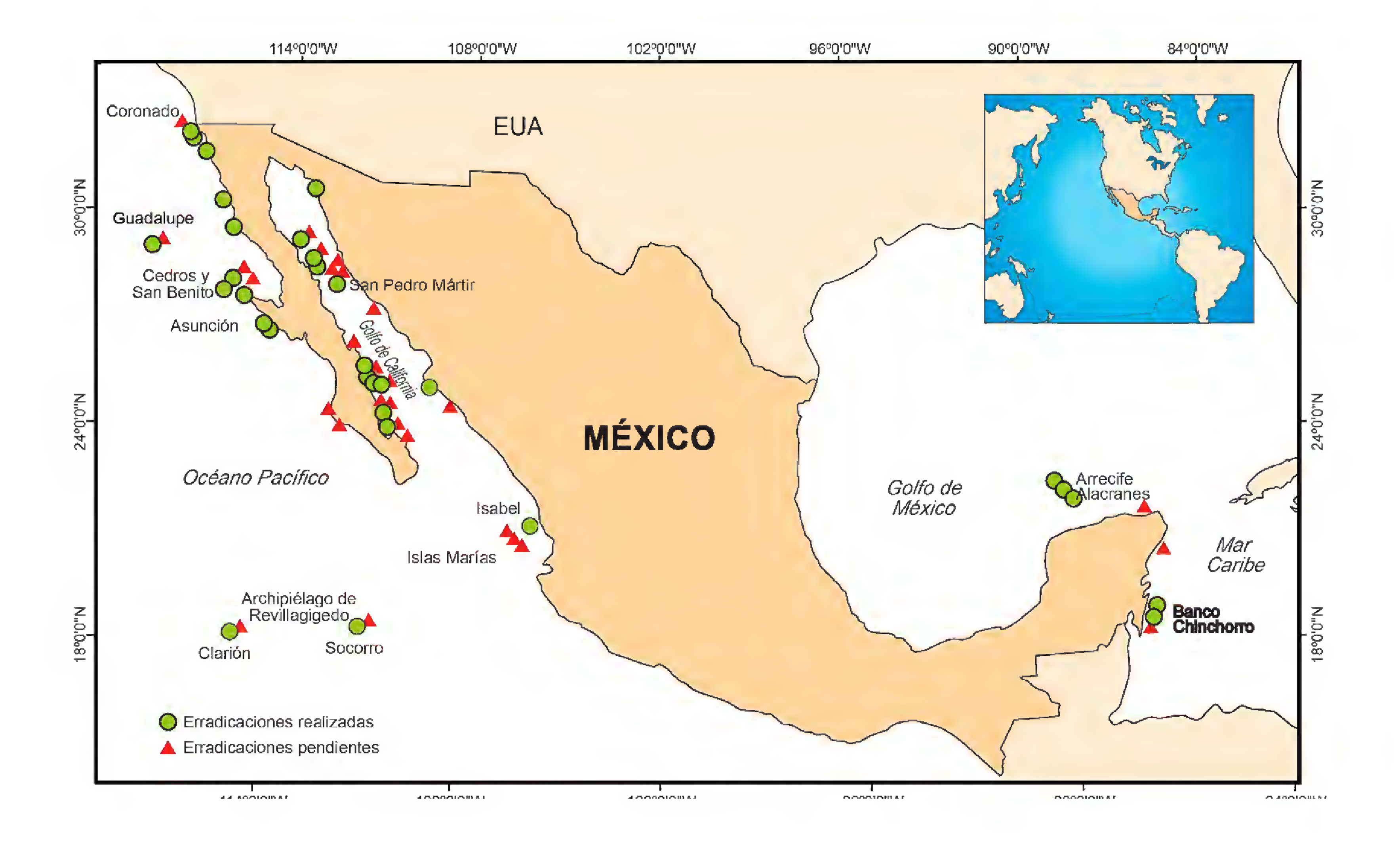


Figura 2. México ha logrado erradicar especies exóticas invasoras en muchas de sus islas, sin embargo, hay mucho trabajo por hacer, especialmente en la región del océano Pacífico.



Alfonso Aguirre Muñoz. Tiene la licenciatura en Oceanología por la UABC, especialidad en Acuacultura de La Universidad de Kagoshima, Japón, maestría en Oceanografía costera UABC y el Doctorado Interdisciplinario en Ciencias Sociales con especialidad en Desarrollo Sustentable y Estudios Regionales del Colegio de la Frontera Norte. Ha sido gerente regional del Banco Nacional Pesquero y Portuario y profesor de la facultad de ciencias marinas UABC. Desde hace 35 años trabaja en la conservación del territorio insular mexicano y a partir de 2002 es director del Grupo de Ecología y Conservación de Islas AC que elabora y ejecuta proyectos de restauración ambiental de las islas mexicanas. A. Aguirre Muñoz es ganador del del premio Por amor al Planeta 2015.

Jordan Golubov. Estudió la licenciatura y posgrado en la Facultad de Ciencias, UNAM. Colaboró en la CONABIO de 2000 al 2002 en especies invasoras, ha participado dentro del Comité Asesor de Especies exóticas de la CONABIO y la estrategia nacional de especies exóticas invasoras. Es profesor titular del Departamento El Hombre y Su Ambiente en la UAM Xochimilco desde 2002. Su línea de investigación se centra en la ecología de poblaciones, la conservación de la biodiversidad, los análisis de riesgo y las especies exóticas invasoras.

María C. Mandujano. Estudió la licenciatura en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Xochimilco y el posgrado en ecología en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), realizó posdoctorados en el Centro de Ecología, UNAM y en New Mexico State University. Labora como investigadora en el Departamento de Ecología de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM. Su línea de investigación se centra en modelar la dinámica poblacional de especies de ciclo de vida complejo con diferentes formas de reproducción, y especies en peligro de extinción.

Para saber más

- Aguirre-Muñoz A Mendoza-Alfaro R *et al*. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. Pp. 277-318, *en: Capital Natural de México. Vol II. Estado de conservación y tendencias de cambio*. (Dirzo R, González e IJ March, comp.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CDB 2013. Notification: Theme of the International Day for Biological Diversity 2014. Ref.: SCBD/MPO/AF/DA/fd/82799 21 October 2013.
- Comité Asesor Nacional sobre el Territorio Insular Mexicano. 2012. Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina-Armada de México y Grupo de Ecología y Conservación de Islas A.C. México D.F. y Ensenada, B.C. 125 pp.
- Conservación de Islas, A.C.
- Invasive Species Specialist Group, IUCN
- Naciones Unidas, 1994. Global Conference of the sustainable development of small island developing states. Bridgetown, Barbados. A/CONF.169/9 Octubre 1994.
- Página electrónica de Mares mexicanos de CONABIO.



Artículos

Domesticación y botánica del epazote, un condimento y medicina tradicional de México

Hilda Flores-Olvera, Daniel Piñero, Mariela Méndez y Rafael Lira

El rito de preparar una típica quesadilla de requesón con epazote implica arropar entre el queso y la tortilla a uno de los condimentos más emblemáticos de la cultura mexicana: el epazote. Pero ¿cómo llegó a ser tan imprescindible esta planta que crece en muchas partes de nuestro país?

Encontrar el centro de origen de especies domesticadas es importante, porque nos refiere al lugar en el que se encuentran los recursos genéticos (o germoplasma) de las plantas. Esta información también permite entender cómo se obtuvo el conocimiento cultural sobre ellas, y cuál es el impacto que tienen las comunidades humanas sobre los recursos naturales.

El origen de las especies que nos alimentan y visten ha sido abordado desde la perspectiva etnobotánica, arqueológica y genética, lo que proporciona información complementaria para comprender mejor el manejo de las plantas por el ser humano, como lo mostraron recientemente Kraft y colaboradores en el caso del chile. Kraft y su equipo estudiaron la domesticación del chile usando datos arqueológicos con información genética y geográfica del chile común (*Capsicum annuum*).

Una de las fuentes de evidencia etnobotánica que se usan para encontrar el origen de las plantas domesticadas es el estudio delas "actitudes" de los humanos hacia las plantas de su interés, y que pueden ser atribuibles a procesos de domesticación. Por ejemplo, los nombres comunes asociados a diferencias en la forma o diferencias ecológicas nos pueden ayudar a inferir qué lugares las usan tradicionalmente, en qué forma se usan o cuáles son las prácticas de manejo tradicionales (por ejemplo la manera en que se cultivan). Asociado a lo anterior, la antigüedad de los restos arqueológicos donde se encuentran estas plantas domesticadas o sus ancestros es un dato invaluable.

Otras evidencias muy valiosas para determinar el origen de los cultivos son las genéticas. Por ejemplo, en muchos casos el centro de origen se ha asociado con la región que acumula la mayor cantidad de variación genética. El que exista una mayor variación implica que tuvo que transcurrir una mayor cantidad de tiempo, comparada con otros lugares, que permitió que esa variación se acumule, y por eso se asocia con el centro de origen.

La distinción entre el centro de origen lugar más probable donde se puede inferir que ocurrió la domesticación original, y el o los centros de domesticación más de un lugar en el que se desarrolló el proceso de domesticación de manera independiente, se ha estudiado en varios cultivos. Los métodos de análisis genético fino para determinar el centro de origen incluyen, además de la comparación de los niveles de variabilidad genética, el uso de haplotipos (ver recuadro), que son variaciones en el ADN que generan un patrón característico. Se espera que las poblaciones ancestrales tengan haplotipos similares o idénticos a las poblaciones silvestres, y pruebas como ésta son las que permiten sugerir cuáles son los parientes cercanos a partir de relaciones de similitud entre las diferentes plantas estudiadas y sus parientes silvestres.

> La variabilidad genética es un índice que refleja qué tan variable es una población.
>
> Con la información de los *halotipos* es posible hacer estudios para entender los procesos históricos que explican la distribución actual de los organismos. Además, sirven para estimar qué tan relacionadas están las especies o poblaciones estudiadas (ver Figura 3).

La evidencia que nos dan los distintos métodos de análisis puede tener diferentes interpretaciones. Un lugar podría tener mucha diversidad genética pero no necesariamente ser el sitio de origen, debido a cambios demográficos de las poblaciones. Es decir, puede ser que la diversidad genética se deba a que haya aumentado el tamaño de la población en lugares donde no sucedió la domesticación, o probablemente a que los incrementos estén asociados a cambios climáticos muy recientes que hayan modificado el área de distribución (ver recuadro) en la que el taxón crece mejor.

Nuestro caso de estudio es el epazote, *Dysphania ambrosioides* de la familia Chenopodiaceae. En esta misma familia se encuentran algunas de las especies llamadas comúnmente quelites, la quinoa y el huahuzontle. Todas estas plantas pertenecen al género *Chenopodium*, que está relacionado cercanamente con *Dysphania*. Otras especies de la misma familia que también son de interés alimenticio son el romerito, betabel y la espinaca.

El epazote es una especie ampliamente conocida en México por su uso como condimento en la cocina regional y como planta medicinal, especialmente por su eficacia para contrarrestar los parásitos intestinales tales como amibas y lombrices, evitando cólicos y dolores. Ha sido utilizado en México desde épocas prehispánicas. Actualmente, es conocido con al menos 15 nombres comunes en lenguas indígenas. Entre



estos nombres está la palabra epazote, derivada del Náhuatl *epazotl*, que significa hierba olorosa. Los aceites esenciales causantes del olor y sabor de la planta están en glándulas, que son útiles para saber las especies de ese grupo taxonómico, y

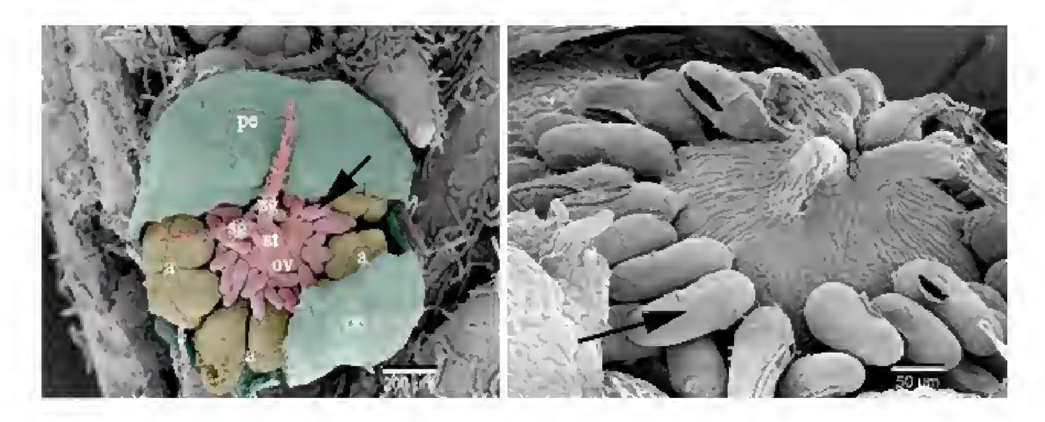


Figura 1. Las glándulas del epazote, como las que se señalan con flechas en el ovario de la flor, contienen aceites esenciales que dan su aroma característico (fotografía Vrijdaghs y Flores-Olvera).

que de hecho delimitan un grupo de especies en el género del epazote. En la Figura 1 se ilustran estas glándulas.

En la naturaleza el epazote crece como planta pionera en la vegetación conocida como secundaria (las primeras plantas que crecen en un sitio que se ha degradado), y vive comúnmente asociada a cultivos o a caminos. Se distribuye de manera natural de Norteamérica a Sudamérica, pero se cree que las poblaciones del norte de Norteamérica son introducidas, mientras que las de México son nativas, y que es naturalizada en las regiones tropicales y cálido-templadas del mundo. Actualmente se cultiva comercialmente en el norte y centro de México, y ha sido introducida como cultivo a varias partes del mundo, y sus semillas se comercializan en varios países.

Diversos autores han propuesto que la distribución natural actual del epazote se ha extendido debido a la acción humana, pero no se ha demostrado. El único estudio que aporta evidencias al respecto es el de Isabelle Blanckaert y varios de nosotros que realizamos en Santa María Tecomavaca,

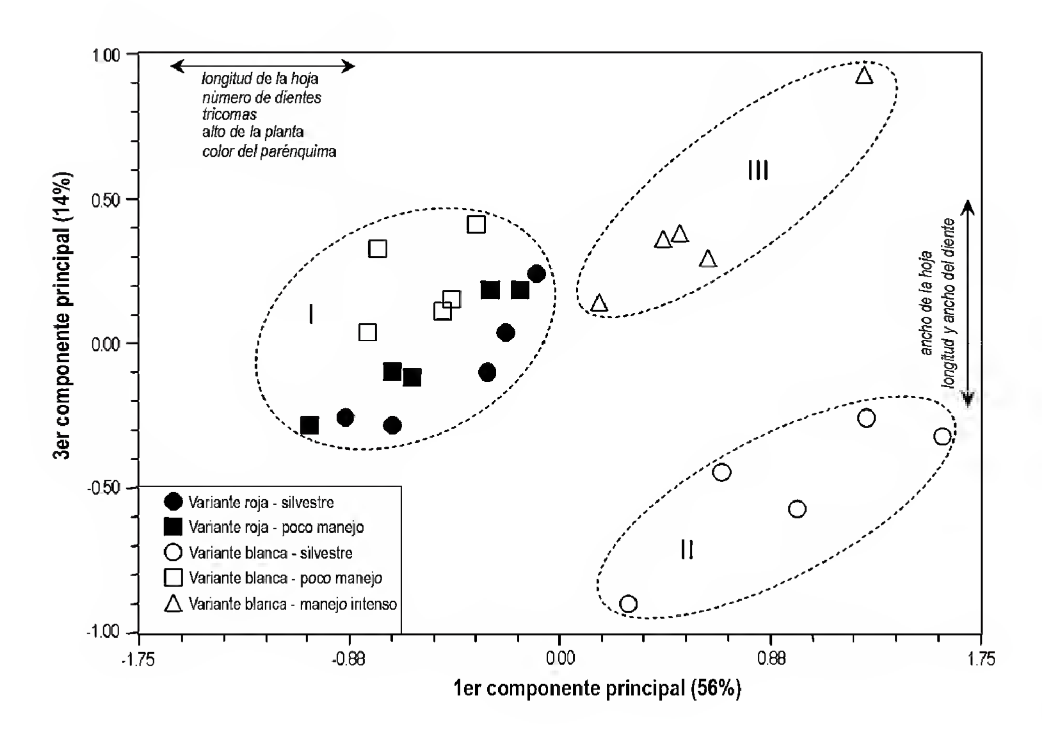


Figura 2. Análisis de componentes principales que ilustra las características que agrupan a los diferentes tipos de epazote. Figura modificada de Blanckaert *et al.* 2012.

Oaxaca. Detectamos variantes morfológicas (formas distintas), como mostramos en la Figura 2, y genéticas, ilustradas en la Figura 3, que se asocian con un mayor o menor uso de manejo tradicional de cultivo. El hallazgo de estas variantes, algunas con mejor sabor y menores proporciones de compuestos químicos de defensa, sugiere que existe un proceso de domesticación incipiente en esa región de México.

El trabajo anterior inspiró el proyecto que actualmente desarrollamos. Así, nos proponemos determinar finamente la distribución de la diversidad genética e identificar el posible centro de origen de la especie. Estamos analizando la variabilidad de la especie, tanto morfológica como genética, misma que estudiaremos usando redes de haplotipos y otros métodos modernos. Los datos generados de mediciones en la forma de la planta (estudio morfométrico) permitirán reconocer si se trata de subespecies, y cuáles son sus variedades y formas.

Aunque tradicionalmente la información morfológica es la más importante en la que se han basado este tipo de clasificaciones, la combinación de estos datos con información

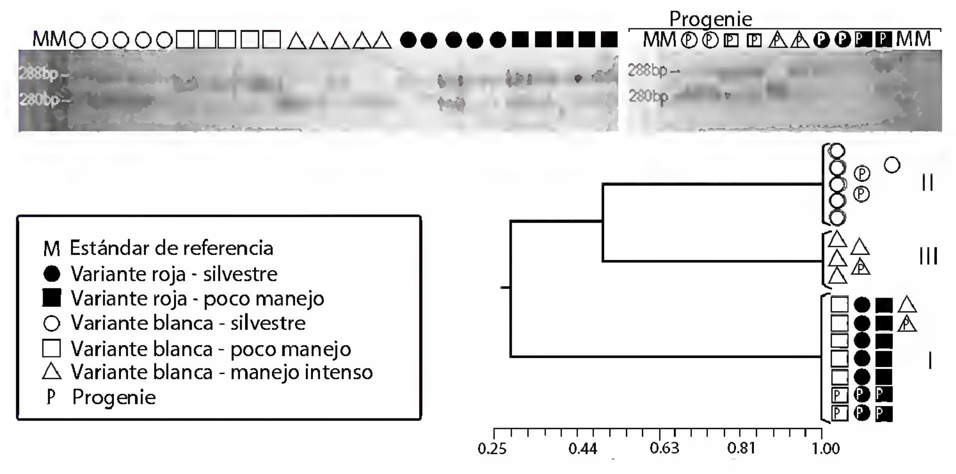


Figura 3. En esta figura se muestran distintos haplotipos (representados por las bandas negras) generados con una técnica conocida como microsatélites (en este caso el QCA076) en poblaciones de *Dysphania ambrosioides* de Santa María Tecomavaca, Oaxaca (tomada de *Genet Resour Crop Evol*, DOI 10.1007/s10722-011-9704-7). Aquéllas bandas que se encuentran a una misma altura corresponden a un mismo haplotipo. Figura modificada de Blanckaert *et al.* 2012.

genética, de biología reproductiva y química, así como el uso de métodos analíticos diferentes es lo que aporta los mejores resultados. Esta combinación de información es la que ha sido utilizada en diversos estudios para definir el *gene pool* o acervo genético de un cultivo, el cual se basa en el concepto de *especie biológica*.

Esta combinación de información ha sido muy útil y se ha aplicado para representar, mediante un esquema de clasificación, las distintas relaciones existentes entre las plantas domesticadas y sus parientes silvestres, tal como sugirieron J. R. Harlan y J. De Weten su estudio ya clásico de 1971.

Al concluir nuestro estudio hemos apreciado que el rito de preparar una quesadilla de requesón y epazote va de la mano de su historia evolutiva. Pero además, sabremos en qué lugar de nuestro país es posible saborear la mayor cantidad de variedades de epazote. Estudios como el nuestro demuestran que la riqueza cultural está íntimamente ligada con la riqueza biológica. Ahora queda responder la pregunta ¿qué zona visitar para disfrutar las quesadillas mejor condimentadas?



Hilda Flores-Olvera. Es Investigadora del Instituto de Biología de la UNAM. Obtuvo su doctorado en la Facultad de Ciencias también de la UNAM. Se especializa en florística, taxonomía y sistemática filogenética con particular interés por los miembros de las familias Amaranthaceae, Chenopodiaceae y Nyctaginaceae.

Daniel Piñero. Es investigador del Instituto de Ecología de la UNAM. Dirige proyectos sobre genética de poblaciones de plantas, en particular de filogeografía y estructura genética en especies mexicanas.

Mariela Méndez. Estudió biología en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Su tesis de licenciatura fue estudiar la distribución potencial del epazote en el continente Americano. Tiene experiencia en base de datos.

Rafael Lira. Estudió Biología en la Facultad de Ciencias, UNAM (FC). Después estudió la maestría en ciencias en Ecología y Recursos Bióticos en el Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos y posteriormente se doctoró en ciencias en la Facultad de Ciencias. Es profesor titular de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Participa en el Macroproyecto con el tema Estudios demográficos en plantas útiles. Su área de especialidad es Sistemática vegetal, etnobotánica, fitogeografía.

Para saber más

- Blanckaert, I., M. Paredes-Flores, F. J. Espinosa-García, D. Piñero y R. Lira. 2012. Ethnobotanical, morphological, phytochemical and molecular evidence for the incipient domestication of Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.: Chenopodiaceae) in a semi-arid region of Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution,* 59:557-573.
- Fuentes-Bazan, S., P. Uotila y T. Borsch. 2012. A novel phylogeny-based generic classification for *Chenopodium sensulato*, and a tribal rearrangement of Chenopodioideae (Chenopodiaceae). *Willdenowia*, 42:5–24.
- Harlan, J.R. y J.M.J. De Wet. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20:509-517.
- Kraft, K. H., C. H.Brown, G. P.Nabhan, E.Luedeling, J. D. J.Luna Ruiz, G.Coppensd'Eeckenbrugge, R. J. Hijmans y P.Gepts. 2014. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, doi: 10.1073/pnas.1308933111



Artículos

Conservación de mariposas monarca: imperativo el trabajo trilateral

Karen Oberhauser

Durante el invierno de 2013 a 2014 Rendón Salinas y Tavera Alonso de World Wildlife Fund (WWF) reportaron que el tamaño de la población de mariposas monarca que hibernan en la región central de México estaba en la condición más baja registrada en todos los tiempos, lo que ocasionó a lo largo de todo Norteamérica, un grito de protesta de la gente preocupada con este asombroso insecto. Pero, ¿cuáles son las razones por las que se han reportado menos mariposas monarca y qué podemos hacer?

Cooperación trilateral

Las mariposas monarca forman dos poblaciones migratorias en Norteamérica que son claramente diferentes. Una es la del oeste que migra a sitios de hibernación a lo largo de la costa de California; y la otra es la del este que migra a una pequeña región de los estados de México y Michoacán en el centro de México. Aunque hay intercambio entre ambas poblaciones, el problema de conservarlas es, con frecuencia, considerado de manera aislada. Sin embargo, la pérdida del hábitat amenaza a ambas poblaciones, pues las dos dependen de una gran variedad de hábitats en México, Estados Unidos y Canadá. De tal manera que, para conservar a esta especie y su extraordinaria migración se necesita del trabajo de las tres naciones. Además, requiere que cada una de las fases del ciclo anual de la monarca: reproducción, migración e hibernación, sea atendida desde el punto de vista de la conservación. Durante la fase de reproducción, las mariposas monarca necesitan de plantas principalmente del género *Asclepias*, conocidas comúnmente como algodoncillo (aunque también pueden consumir plantas de otros géneros muy cercanos) , que les proporcionen el néctar necesario para que las adultas puedan sobrevivir, y son las únicas plantas que pueden comer las larvas pueden comer. Durante la fase migratoria, necesitan de fuentes de néctar y de sitios donde se puedan refugiar de manera segura, que generalmente son árboles. Durante la fase de hibernación, dependen de bosques que les proporcionan las condiciones climáticas adecuadas para sobrevivir hasta que llegue el momento de migrar de regreso a los sitios de reproducción en primavera.



Flor de algodoncillo (*Asclepias curassavica*). Esta especie es nativa del continente Americano y es alimento de las larvas de las monarca. Foto: Wikimedia Commons.

Soy bióloga de la conservación, por eso sé que lo que le está pasando a las Monarca también le sucede a muchos otros organismos, cuya pérdida también sería trágica. Sabemos de las mariposas monarca porque se juntan en localidades bien definidas cada invierno, y miles de voluntarios de Norteamérica las cuentan, ya que son colaboradores de más de una docena de programas de ciencia ciudadana de observadores de mariposas, especialmente, de mariposas Monarca. Las Monarcas pueden servir como indicadoras de lo que ocurre con muchos otros insectos, y además, como un impulso para salvaguardar el hábitat que, ellas mismas e incontables insectos, necesitan. Para preservar la migración de las mariposas Monarca, se requiere un enorme compromiso de conservación, similar a lo que se vivió en los Estados Unidos durante las décadas de 1960 y 1970, cuando se aprobaron importantes leyes ambientales que dieron como resultado la protección de las especies en peligro (específicamente la Ley de especies en peligro de extinción de 1973). En esa misma época también se aprobaron leyes para regular y proteger el agua que bebemos (es decir la Ley del agua limpia de 1972) y del aire que respiramos (Ley del aire limpio de 1970).





Participantes del proyecto de monitoreo de larvas de mariposas monarca. F. W. Caldwell.

¿Qué amenaza a las Monarca?

El Plan de Conservación Norteamericano de la Monarca, publicado en 2008, explica detalladamente que la mayor preocupación es la pérdida del hábitat en México y en la costa de California en los Estados Unidos, debido a la reducción de las áreas de hibernación. En México, los sitios de hibernación están amenazados por la explotación de madera para uso comercial y de subsistencia, así como por la transformación del hábitat para darle otros usos (por ejemplo agricultura). Y en California las amenazas se deben al desarrollo y a la carencia de información sobre cómo manejar el hábitat de las zonas arboladas que están en desarrollo.

Sin embargo, en Estados Unidos y en menor medida en Canadá, la gran mayoría de las mariposas Monarca sí ha logrado crecer alimentándose de plantas de algodoncillo a lo largo de su distribución, además, migraron a lo largo de grandes extensiones del territorio estadounidense para llegar a su hogar invernal en California. De la misma forma, estas monarca que hibernaron en el estado de California crecieron con plantas de algodoncillo de diversas regiones de Estados Unidos y provincias de Canadá. Por tanto, para proteger la migración en toda Norteamérica no es suficiente conservar solamente los sitios de hibernación.



Observación de mariposas para el proyecto de monitoreo de larvas de monarca. Foto. K. Oberhauser.

El Plan de Conservación Norteamericano de la monarca dice que, debido a las prácticas agrícolas y a que las tierras de cultivo se han convertido en suburbios urbanos, está disminuyendo la disponibilidad de las plantas que hospedan a las larvas y también las fuentes de néctar que necesitan las mariposas monarca adultas para reproducirse y migrar. Además, la explosiva adopción de variedades de cultivo genéticamente modificadas (OGM), así como de maíz y soya tolerantes a herbicidas durante finales del siglo XX y principios del XXI, ha provocado que se utilicen herbicidas inmediatamente después de que germinan las semillas y, como resultado, se han acabado las plantas de algodoncillo de los hábitats agrícolas. En un artículo que publicamos J.M. Pleasants y yo, en la revista *Insect Conservation and Diversity* en 2012, explicamos que desde que se adoptó el uso a gran escala de maíz y soya transgénicos tolerantes a los herbicidas, se ha reducido del paisaje del oeste medio de Estados Unidos, el 58 por ciento la cantidad de plantas de algodoncillo, tan importantes para las monarca.

Otras amenazas para las mariposas monarca, a lo largo de su área de crianza, es el uso indiscriminado de insecticidas, el impacto de los herbicidas sobre las plantas que estas mariposas usan para obtener néctar (algodoncillo y otras), al igual que deshierbar frecuentemente a la orilla de las carreteras, parques y otros terrenos. Las especies invasoras pueden ser una amenaza adicional.

Las mariposas monarca ponen huevos en dos especies de plantas que no son nativas pero que son cercanas taxonómicamente al algodoncillo: *Cynanchum louiseae* y *C. rossicum*, sin embargo, las larvas no se pueden alimentar de ellas ni desarrollarse ahí. Es decir, estas plantas funcionan como sumideros para las monarca, por lo que es de preocupar que se estén expandiendo.

Por último, también resultan motivo de preocupación las actividades humanas que contribuyen al cambio climático o global, ya que han provocado que aumente la frecuencia de las tormentas, el aumento de las temperaturas y sequías. Hay evidencia de que el cambio climático está ocasionando condiciones menos favorables para las monarca tanto para su reproducción como para hibernar, al igual que para las plantas de las que dependen. Aunque esta amenaza no es tan grave como la pérdida del hábitat, con el tiempo será necesario abordarla ante la disminución del número de mariposas monarca.

¿Qué podemos hacer para preservar a las mariposas monarca?

Para poder conservar la migración de las monarca, México, Estados Unidos y Canadá necesitan asegurarse de que: 1) en los sitios de hibernación de México y Estados Unidos exista el hábitat adecuado, y que sea suficiente para mantenerlas durante todo el invierno y 2) que haya suficiente hábitat para mantener a las poblaciones de mariposas monarca de Norteamérica durante su migración y reproducción.

Existen esfuerzos importantes en proceso, y la perspectiva es esperanzadora: se puede lograr conservar a las monarca. La gente y el gobierno de México han trabajado incansablemente para proteger sus territorios de hibernación, y ahora los tres



países necesitan hacer lo mismo para el hábitat en donde se reproducen y migran. Afortunadamente, las mariposas monarca pueden utilizar diversos tipos de hábitats para migrar, y las larvas también pueden adaptarse a diferentes lugares, siempre y cuando haya plantas de algodoncillo y otras especies que puedan aprovechar por su néctar. Así, el principal esfuerzo de conservación debe ser reponer el hábitat que se ha perdido en los últimos diez años. Debido a que en Estados Unidos y Canadá mucha de la tierra que utilizan las mariposas monarca se superpone con terrenos de agricultores, las prácticas agrícolas han tenido un gran impacto. Se debe fomentar políticas de separar tierra (como por ejemplo el Programa de Reservas de Conservación en Estados Unidos), y sembrarla con mezclas de semillas que incluyan algodoncillo y otras especies que alimentan de néctar a las monarca. En los tres países se deben incluir bordes de cultivos y orillas de carreteras que soporten a las monarca y a otros insectos benéficos. El uso de insecticidas se debe limitar con el fin de prevenir impactos desconocidos sobre alguno de estos insectos.

En Estados Unidos, muchas instituciones federales y estatales, organismos no gubernamentales y universidades, están involucrados en la conservación de las mariposas monarca en un consorcio que se conoce como la Monarch Joint Venture (MJV). El trabajo de este consorcio se basa en el Plan de Conservación de la Mariposa Monarca de Norteamérica, que tiene una estrategia basada en el conocimiento científico, lo cual establece una base sólida para conservar a la mariposa monarca. En México, Red Monarca, es una iniciativa similar de cooperación que dirige sus esfuerzos para proteger los sitios de hibernación, usando modelos que podrían ser replicados para los hábitats de cría y por su ruta migratoria.

A modo de conclusión

La conservación de una especie migratoria que depende de un hábitat, el cual es parte de numerosas formas de tenencia de la tierra y de diversas políticas, no es sencilla de ninguna manera. Necesitará el esfuerzo continuo y el financiamiento de muchas agencias y organizaciones. Debido a los retos que enfrentan las mariposas monarca y la clara evidencia de que sus poblaciones están disminuyendo, es de vital importancia que movilicemos a cuanta gente sea posible, y planear nuestro esfuerzos cuidadosamente para tener un impacto mayor en su protección.

Para mucha gente las mariposas monarca representan una conexión con la naturaleza que empezó en la niñez, y nuestras acciones permitirán que las generaciones venideras se conecten de la misma manera. El número de organizaciones e individuos apasionados que están involucrados en la conservación de las monarca a lo largo de todo Norteamérica, nos da esperanza.

Karen Oberhauser. Es profesora del departamento de pesquerías, fauna silvestre y biología de la conservación de la Universidad de Minnesota, EUA, en donde ella y sus estudiantes investigan diversos aspectos de la ecología de las mariposas monarca. Su trabajo de investigación depende de métodos tradicionales de laboratorio y de campo, pero también desarrolla proyectos de ciencia ciudadana. En 1996 puso en marcha el Proyecto de monitoreo de larvas de mariposas monarca (Monarch Larva Monitoring Project) que dirigen ella y su estudiante de posgrado Michelle Prysby. Dirige el Monarch Joint Venture, y es una de las fundadoras del Monarch Butterfly Fund. En 2013, Karen recibió el premio White House Champion of Change award por su trabajo de ciencia ciudadana.

Para saber más

- Commission for Environmental Cooperation. 2008. *North American Monarch Conservation Plan*. CEC Office of the Secretariat. Montreal.
- Pleasants, J.M. y K. Oberhauser. 2012. Milkweed loss in agricultural fields because of herbicide use: effect on the monarch butterfly population. *Insect Conservation and Diversity*, 6:135-144. doi: 10.1111/j.1752-4598.2012.00196.x
- Red Monarca. 2014. Consulta de mayo de 2014.
- Rendón-Salinas, E. y G. Tavera-Alonso. 2014. *Monitoreo de la superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la mariposa monarca en Diciembre de 2013*. WWF-Mexico, D.F. Reporte inédito, 6 pp.



Artículos

Geomática, una herramienta para el análisis espacial de la biodiversidad

Gerardo Rodríguez-Tapia y Paulina Trejo-Barocio

Introducción

Más allá del debate mundial que plantea si las variaciones en el clima que actualmente está experimentando nuestro planeta se deben a consecuencias antropogénicas a corto plazo o a un ciclo natural de la historia geológica de la Tierra, es un hecho que dentro de estos cambios, uno de los más importantes es el Calentamiento Global y el Cambio Climático (CC). El CC es considerado como "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables". Cualquiera que sea la causa, este fenómeno está teniendo importantes implicaciones para la biodiversidad de todo el planeta Tierra y afecta de diversas formas a muchas especies tanto animales como vegetales, principalmente por la rapidez a la que se están produciendo estos cambios.

Para contribuir a entender las complejas interacciones entre los sistemas climáticos, ecosistemas, actividades humanas y sus condiciones, la comunidad científica desarrolla y utiliza modelos de todo tipo como una estrategia para expresar de manera simple las complejas relaciones en el ambiente. La finalidad de los modelos es entender mejor los efectos de los fenómenos, a fin de tomar mejores decisiones o contestar preguntas concretas.

La geomática es una ciencia emergente que surgió a finales del siglo XX que comprende un conjunto de disciplinas científicas y tecnológicas, entre ellas la geografía, biología, cartografía, informática y percepción remota, que se enfocan en adquirir, procesar, analizar y hacer modelos de información referenciada geográficamente, es decir de las coordenadas geográficas, así como de sus atributos no espaciales. La geomática además, actúa como un complemento de diversas disciplinas, como con la biogeografía, una rama de la ciencia que analiza e interpreta los patrones de distribución de los seres vivos. Por ejemplo, la biogeografía busca los patrones de la distribución de las especies y la geomática usa las herramientas geográficas y tecnológicas para manejar la gran cantidad de datos relacionados con los taxones y así poder encontrar dichos patrones de distribución geográfica.

Esta ciencia se ha convertido en pocos años, en un complemento idóneo para aplicarlo en áreas como la ecología, por lo que se ha convertido en una herramienta de apoyo para el desarrollo de muchos proyectos de investigación que requieran incorporar el análisis espacial o geográfico a sus estudios. De esta manera se conforma una relación sinérgica entre las esferas de la investigación de campo y la obtención y análisis de resultados desde el punto de vista geográfico.

Actualmente el Instituto de Ecología (IE) cuenta con una Unidad de Geomática, la cual busca cumplir los objetivos antes mencionados e incorporar el análisis geográfico a la planeación de los diferentes proyectos de investigación. De esta forma no sólo será un apoyo para la investigación, sino que a corto plazo, será una herramienta para generar información nueva a partir de la información obtenida de los proyectos desarrollados por los diferentes laboratorios del Instituto.

Hibridación y análisis geográfico de libélulas: un ejemplo

La Unidad de Geomática colabora con el Laboratorio de ecología de la conducta de artrópodos del IE, elaborando modelos de distribución potencial para algunas especies de libélulas (véase *Oikos*= 7: El sexo en tiempos del cambio climático). La idea es que estos modelos ayuden a inferir cuál es el área con mayor probabilidad de que una especie esté presente. Con estas herramientas es posible generar evidencia geográfica que apoye la hipótesis de la hibridación demostrada en algunas especies en condiciones de laboratorio. Además, se extrapolan estos análisis a diferentes escenarios futuros de cambio climático para inferir los posibles escenarios que afectan estos procesos, no sólo entre las mismas especies, sino también incorporando variables ambientales que se modifican a través de ciertos periodos de tiempo.

Sánchez-Guillén y colaboradores han reportado la evidencia de hibridación en algunas especies de odonatos en Europa (Véase *Oikos*=7: El sexo en tiempos del cambio

> *Hibridación* se define como apareamiento entre individuos de especies diferentes.



climático), y mediante los modelos de distribución geográfica es posible tener una idea muy precisa de la cantidad de híbridos. Por otro lado, comparando diferentes periodos de tiempo a futuro (los años 2050 y 2080), podemos inferir no sólo la velocidad a la que podrían ocurrir estos cambios, sino también estimar la superficie por la que se han extendido a lo largo de distintos periodos de tiempo (figura 1). Todo esto expresado en la tesis doctoral de García Mateo, que en algunos casos los límites naturales de una especie llegan hasta donde las condiciones ambientales disminuyen a tal punto que ya no pueden competir con otras especies y son desplazadas.

Los modelos anteriores permiten hacer inferencias y contribuyen con información para tomar decisiones como por ejemplo, para implementar estrategias de conservación de especies. Combinando estos modelos con otras herramientas de percepción remota, tales como el análisis con imágenes de satélite, es posible calcular con precisión áreas con cambio de uso de suelo (figura 2) y estimar el área de distribución (ver recuadro) que se ha perdido de las especies.

> *Área de distribución* es el espacio geográfico que ocupan las especies.

El caso de Cuatro Ciénegas

El uso de las herramientas de geomática nos ayuda a documentar zonas con poca información geográfica o profundizar y complementar la ya existente, esto se puede emplear para reforzar iniciativas de conservación, como en el caso de estudios realizados en Cuatro Ciénegas, Coahuila. En esta región el Instituto de Ecología tiene un área importante de trabajo. La Unidad de Geomática sistematiza información geográfica general para caracterizar al sitio, identificar los niveles de los mantos freáticos y del subsuelo, entre otros, que complementan la información de campo sobre la extracción excesiva de agua, pérdida de biodiversidad y la incidencia que tiene la proliferación de nuevas y cada vez más extendidas zonas de cultivo intensivo de sistema de riego de pivote (figura 3).

Registros de recolecta
Variables ambientales
PROYECCIÓN EN EL ESPACIO TEMPORAL Y GEOGRÁFICO
Sp.1 periodo actual
Sp.2 periodo actual
Sp.1 vs Sp.2 actual
Sp.1 proyección 2080
Sp.2 proyección 2080
Sp.1 vs Sp.2 proyección 2080

Figura 1. Análisis de dos especies de libélulas (Sp. 1 y Sp. 2) en las que se muestra cómo se enciman sus áreas de distribución y dónde podrían hibridar en dos periodos de tiempo: actual y 2080. En este caso la hibridación se considera como la intersección en los modelos de distribución potencial, representado en color negro en los mapas correspondientes El modelo muestra cómo se puede extinguir la especie 1 si varían las condiciones ambientales.





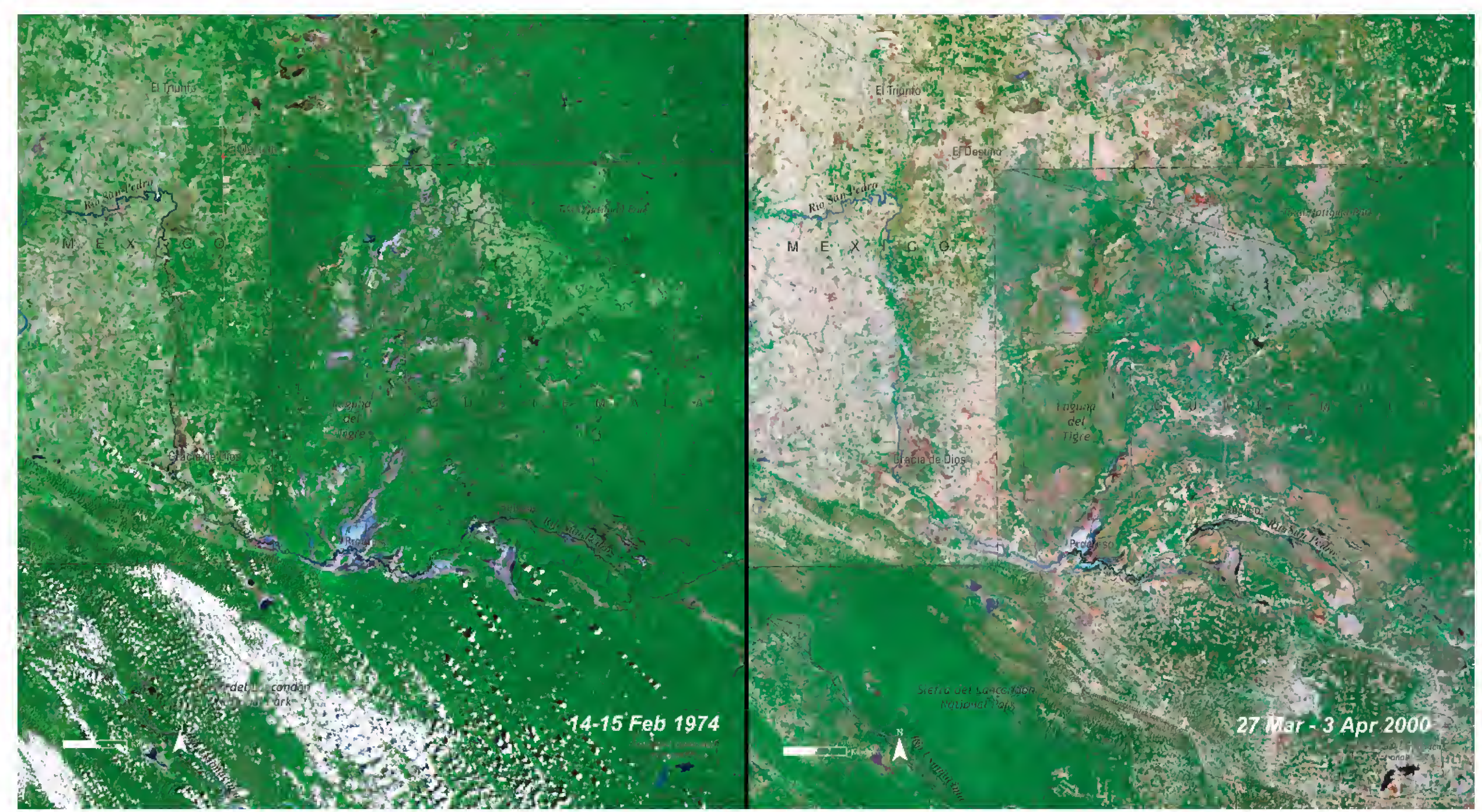


Figura 2. Comparación del cambio de uso de suelo en 30 años, en la frontera sur de México. Una proporción considerable de selva ha sido reemplazada por tierras de cultivo o pastoreo, entre 1974 y 2000, debido al aumento de población. Imagen de: UNEP (2005). One Planet Many People Atlas of our Changing Environment. Division of Early Warning and Assessment (DEWA) UNEP. Nairobi, Kenya.

Figura 3. Principales cambios en las prácticas agrícolas en una zona del norte de México, incluyendo Cuatro Ciénegas. El aumento de la desviación de agua para riego agrícola ha afectado los patrones de vegetación en la zona, esto reduce considerablemente la cantidad de agua que llega a los cuerpos de agua aledaños o la que se deposita en el subsuelo. Los agricultores usan los sistemas de riego de pivote central (marcada por círculos rojos) para cultivar alfalfa y sorgo para el ganado. La disminición en el abasto de agua de estos sitios amenaza gravemente la vida silvestre y la vegetación natural. Imágenes de: Thematic Mapper sensor onboard Landsat 5. Source: USGS Landsat Missions Gallery, "Irrigation Expansion in Mexico," U.S. Department of the Interior / U.S. Geological Survey.





Conclusiones

El trabajo multidisciplinario entre expertos en diferentes áreas del conocimiento permite conocer, abordar las problemáticas y contestar desde diferentes enfoques, a las múltiples preguntas que se plantean los investigadores o grupos de trabajo cuando analizan un problema, ya sea en un contexto local o regional. Usar las herramientas de geomática ofrecen la posibilidad de abordar problemas relacionados con la distribución de los seres vivos, desde un punto de vista diferente que puede servir para complementar diversos análisis. También es útil para evaluar otros fenómenos como por ejemplo los efectos que puedan tener los factores ambientales en los patrones de distribución de ciertas especies, cuál ha sido el efecto del clima a lo largo de décadas en las generaciones de aves de una zona en particular y cómo se comportan en el espacio geográfico las especies y si las afecta el aumento de la temperatura en zonas áridas, entre otros.

En resumen, las oportunidades y variedad de preguntas que se pueden contestar, se hacen más diversas cuando se incorpora la geomática y las herramientas propias de los análisis espaciales. Son herramientas que permiten aprovechar la gran cantidad de información geográficas disponible.

Gerardo Rodríguez Tapia. Es biólogo de la Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza de la UNAM y es Técnico Académico a cargo de la Unidad de Geomática del Instituto de Ecología de la UNAM. Su principal interés es analizar el efecto del Cambio Climático y la deforestación en los patrones de distribución en diferentes grupos de organismos.

Paulina Trejo-Barocio. Es bióloga, recientemente obtuvo el grado de doctora en el Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. Su tesis la realizó en el área de investigación de Macroecología y cursó el Diplomado en Divulgación de la Ciencia de la UNAM. Participa activamente en proyectos de divulgación de la ciencia, actualmente está abordando temas de sustentabilidad y medición de gases de efecto invernadero.

Para saber más

- Convención marco de las Naciones Unidad sobre el Cambio Climático, Naciones Unidas 1992.
- Escalante, T., D. Espinosa, J.J. Morrone y J. Llorente J. 2003. De las bases de datos a los atlas biogeográficos. *Ciencia*, 71-76, Abril-Junio.
- Espinosa D, C. Aguilar y T. Escalante T. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. Pp. 31-37, *en: Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. (Llorente J. y J. J. Morrone eds.) Las Prensas de Ciencias, México, D.F.
- García-Mateo M.R. 2008. *Modelos predictivos de riqueza de diversidad vegetal. Comparación y optimización de métodos de modelado ecológico.* Tesis Doctoral.
- Rodda G.H., C.S. Jarnevich y R.N. Reed. 2011. Challenges in identifying sites climatically matched to the native ranges of animal invaders. *PlosOne*, 6(2):1-18.
- Sánchez-Guillén R. A., J. Muñoz, G. Rodríguez-Tapia, T.P. Feria Arroyo y A. Córdoba-Aguilar. 2013. Climate-induced range shifts and possible hybridisation consequences in insects. *Plos One*, 8: e80531. doi:10.1371/journal.pone.0080531
- United Nations Environment Programme (UNEP) 2005. (fecha de consulta 12/septiembre/2013).



Reseña

Los colibríes… ¡hasta la muerte!

Juan Francisco Ornelas

Arizmendi, M.C. y H. Berlanga con ilustraciones de Marco Antonio Pineda. 2014. *Colibríes de México y Norte América/ Hummingbirds of Mexico and North America***. Primera Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 160 pp. ISBN: 978-8328-03-1.** Costo $100. Disponible en pdf.

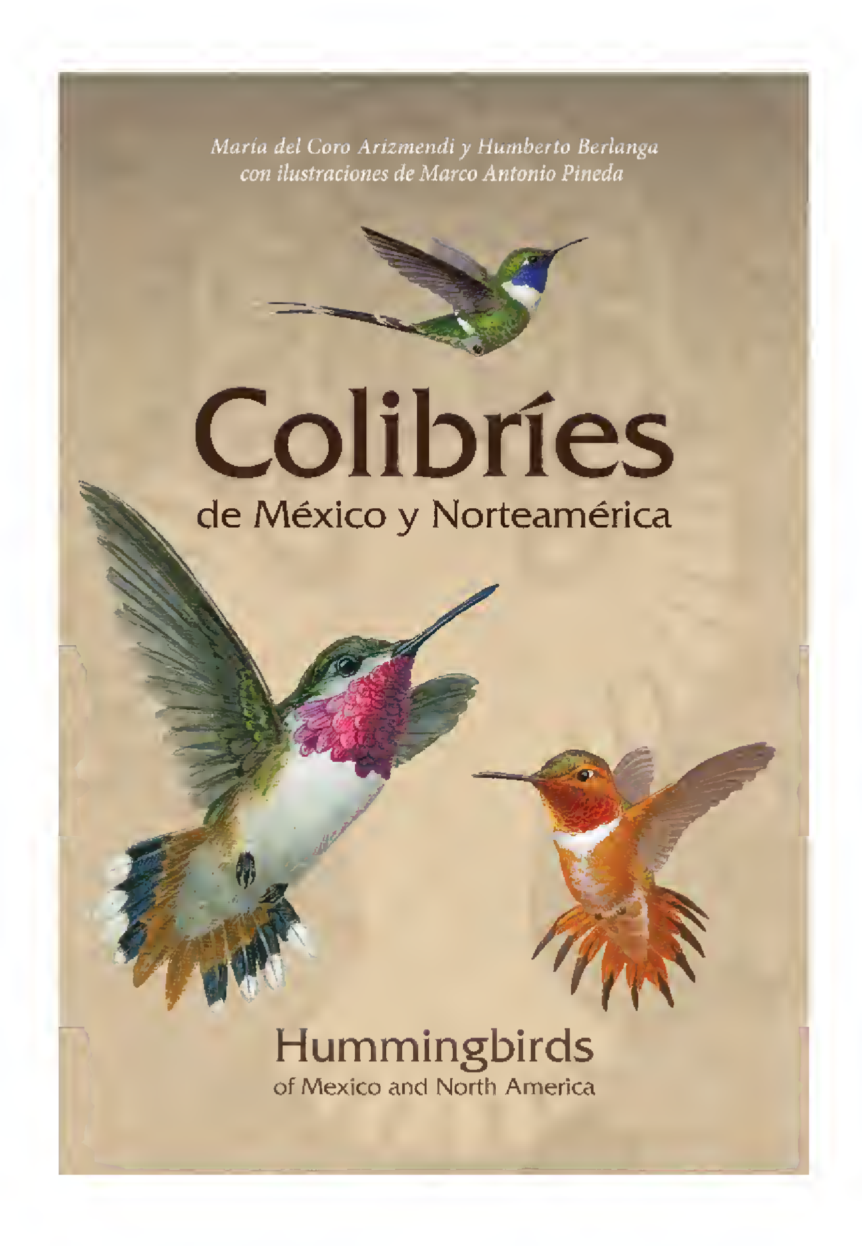
Hace pocos meses me invitaron a presentar el libro "*Colibríes de México y Norte América*" editado por la CONABIO, lo cual me dio un enorme gusto, e inmediatamente pensé en la historia evolutiva de este carismático grupo de aves.

Los colibríes pertenecen a la familia Trochilidae, y son la segunda familia de aves con mayor número de especies en el mundo: 338; pero sólo viven en el continente americano. Lo que sabemos hasta ahora sobre su origen y diversificación es resultado de un intenso trabajo científico, particularmente del uso de datos moleculares, con los que hemos identificado relaciones evolutivas entre sus especies.

El primero en intentar este tipo de estudios fue Jimmy McGuire de la universidad de California. En 2007 McGuire y su equipo reconstruyeron la historia del origen y distribución geográfica de los colibríes, es decir, analizando el ADN de 151 especies. Concluyeron que los colibríes evolucionaron en las tierras bajas de Sudamérica, que la mayoría de los grupos de colibríes se originaron en esa parte del continente, y que de ahí han invadido varias veces otras regiones continentales, especialmente Centroamérica y el Caribe. Su filogenia indica que los colibríes se dispersaron al menos 28 veces, de Sudamérica hacia Centroamérica y más recientemente hacia Norteamérica.

En otro estudio publicado en la revista *Current Biology* publicado en abril de 2014 y también encabezada por Jimmy McGuire, se usaron los datos moleculares de 284 especies, que representan el 84% de todos los colibríes del mundo. En este artículo McGuire y su equipo exploraron exhaustivamente la historia evolutiva de los colibríes y la posible relación entre especies. Sus estimaciones filogenéticas corroboran lo que otros autores, entre ellos mi grupo de trabajo, habían propuesto con menos datos y menos especies: que la familia de los colibríes consiste de nueve grupos de especies que comparten un ancestro común. Estos grupos, son los topacios y jacobinos, ermitaños, mangos, brillantes, coquetas, *Patagona gigas*, gemas de montaña, abejas y esmeraldas.

> Una filogenia es la reconstrucción de las relaciones entre los ancestros y descendientes de las especies y grupos de especies.



De acuerdo con las estimaciones de McGuire y colaboradores, el linaje que dio origen a los colibríes modernos surgió hace 42 millones de años, al separarse de su grupo hermano, los vencejos, y esto no ocurrió en América, sino en Asia, o en Europa, que es en donde se han encontrado fósiles similares a los colibríes modernos, de entre 34–28 millones



de años de antigüedad. De su paso hacia Sudamérica, quizás por el Estrecho de Bering a Alaska, no ha quedado huella. Sin embargo, es indudable que una vez que los colibríes ancestrales llegaron al continente sudamericano, hace 22 millones de años, se expandieron rápidamente y evolucionaron en los grupos que hoy reconocen los biólogos.

El resultado más importante del trabajo de Jim McGuire y asociados es sobre el *tempo* de diversificación de los colibríes, es decir cuánto tiempo debe pasar para que se origine una especie. Los autores encontraron que no todos los grupos de especies se han diversificado a la misma velocidad, y que los colibríes abeja, gema de montaña y esmeralda, que en su mayoría viven en Centroamérica, Norteamérica y el Caribe, son los grupos que han producido más especies, más o menos a un ritmo de una especie por cada dos millones de años. Lo más asombroso de todo es que estos científicos también calcularon que en 20 millones de años (1-4 especies/linaje/millón de años) la familia de los colibríes llegará a tener unas 767 especies, esto es ¡más del doble del número de especies actual! (considerando que se forman especies pero también se extinguen). Este trabajo es uno de los ejemplos más espectaculares de una rápida, pero aún incompleta radiación adaptativa, una evidencia única que deja mudos a los que pregonan la no existencia de la evolución.

¿Porqué traigo a colación esta gran historia? La respuesta es muy simple. Por el tremendo gozo de tener en mis manos el libro *Colibríes de México y Norte América*. Espero que esta obra detonará entre nuestros estudiantes actuales, y los que vendrán, lo que no hemos podido expresar con ideas y preguntas de investigación. Pero lo más importante este libro vuelve posible la vinculación de nuestros intereses académicos con los del ciudadano común, al que necesitaremos para conservar y seguir estudiando a estas aves.

Pareciera que sobre el origen y diversificación de los colibríes todo está hecho, de acuerdo a la información que se describe en párrafos anteriores, pero no es el caso. Por ejemplo, recientemente se descubrió que hay una relación cercana entre ermitaños y topacios (y jacobinos) en la base del árbol filogenético. Este descubrimiento pone en duda ideas ortodoxas sobre la evolución del plumaje con colores iridiscentes, dimorfismo sexual (diferencias en la forma, coloración o tamaño entre los machos y hembras) y sobre la evolución de la forma y tamaño de los picos de los colibríes. También, hay muchas preguntas por responder sobre la ruta de dispersión de estas pequeñas aves. McGuire y coautores sugieren que los colibríes llegaron primero a Sudamérica, y después se distribuyeron por el continente de manera explosiva, al mismo tiempo que surgieron y se levantaron los Andes. Pero tal vez ésta sea una conjetura prematura, porque implica asumir cuatro supuestos para su ruta: 1) los colibríes llegaron a Norteamérica hace 22 millones de años 2) hubo una dispersión posterior hacia Sudamérica, 3) después se extinguieron de Norteamérica, 4) hace 12 millones de años volvieron a colonizar esta última región, mucho antes del cierre del Istmo de Panamá.

Pienso también que el estudio de McGuire y colaboradores sobreestima el papel del levantamiento de los Andes y de otros procesos de especiación, y no toma en cuenta otras hipótesis que también podrían explicar cómo es que se han formado tantas especies de colibríes. Una de ellas puede ser la llamada especiación ecológica, que involucra al ecosistema en donde habitan, otra es la hibridación, o por último la selección sexual. En este último caso me refiero al papel que pueden jugar los diferentes sexos al seleccionar individuos con ciertas características llamativas, no necesariamente que impliquen una ventaja en su adaptación al medio. Otros factores que podrían estar relacionados con la generación de nuevas especies, y que necesitan ser explorados son: la evolución de señales visuales y acústicas en los despliegues nupciales de los machos, la diversidad de vocalizaciones, lo bizarra y hasta extravagante manera de lucir sus plumas iridiscentes, la relación de los colibríes con las plantas que les sirven de alimento, y la evolución de las características que favorecen la migración, que está asociada a la producción de las flores de las que se alimentaban en el pasado y actualmente (ya que ha cambiado la distribución de estas plantas debido a cambios climáticos históricos).

En los ecosistemas tropicales de América (Neotrópico), los colibríes son considerados como los polinizadores más especializados de todas las aves nectarívoras. Por ejemplo, el grupo de los ermitaños tienen picos con diseños similares a los de animales fantásticos, con curvaturas sorprendentes que se corresponden con la forma de las flores que polinizan. Estudiar a los colibríes es fascinante, quizá por la gran variedad de forma de los picos y la manera de buscar el alimento, al igual que el grado de especialización de las plantas que les proveen néctar. Y estas han sido las razones por las que los colibríes son parte iconográfica y simbológica de las antiguas culturas del continente.

Este mundo fascinante de las relaciones entre los colibríes y sus flores está sutilmente ilustrado con un sello prehispánico en el fondo de la portada y contraportada del libro *Colibríes de México y Norte América*, escrito en versión bilingüe español e inglés por María del Coro Arizmendi y Humberto Berlanga en colaboración con Keith McMillan. El estudio de los colibríes ha sido mi vínculo con estos autores, a quienes he acompañado, a veces desde muy lejos, en su trabajo profesional. Quienes hemos seguido por casi treinta años este trabajo científico y de conservación de aves, podemos apreciar el esfuerzo que implica integrar el vasto conocimiento que hay sobre la biología de los colibríes, y además presentarlo de una manera amena y sintética, asequible a cualquier lector interesado en la naturaleza, independientemente de su formación académica, su nivel educativo y de su lugar de residencia.

El libro está organizado en dos secciones. La primera contiene información básica sobre la historia natural de los colibríes, en pequeñas sub-secciones que describen su historia natural, alimentación, reproducción, migración, importancia ecológica y cultural. Además, se dan ideas para que el ciudadano común observe y atraiga colibríes a sus jardines, y cómo sus observaciones pueden ser compartidas de manera sistemática en bases de datos públicas. Al final de esta primera sección dan una explicación general de cómo se hicieron los mapas de distribución que ilustran las áreas geográficas en las que vive cada especie de colibrí y cómo deben ser interpretados. Cada



tema cuenta con un diseño atractivo en contenido y forma, y típicamente va acompañado por una fotografía o ilustración. Además el libro incluye una síntesis para cada tema, quien las lea tendrá una muy buena idea general sobre los colibríes.

En México existen alrededor de 57 especies de colibríes, las cuales representan a siete de los nueve grupos que reconocen los biólogos para la familia: topacios, ermitaños, mangos, coquetas, abejas, gemas de montaña y esmeraldas. Treinta y tres porciento de estas especies están en alguna categoría de amenaza dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010 y en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En la segunda sección se describen las 57 especies de colibríes, y Arizmendi y Berlanga respetan el orden filogenético de los grupos, para presentar a las especies mexicanas de colibríes en su libro. Cada especie cuenta con información sobre su tamaño, distribución geográfica y las características morfológicas para que el observador pueda identificarlas. Cada descripción de especie tiene mapas de su distribución geográfica a lo largo del año e información sobre las amenazas a la especie y estado de conservación. Las especies están ilustradas por el artista Marco Pineda, distinguiendo entre machos y hembras.

Debo señalar que *Colibríes de México* es un libro gráficamente muy atractivo. Las ilustraciones de Marco Pineda son realmente espléndidas, algunas en posiciones al vuelo magistralmente realizadas y haciendo justicia a las capacidades acrobáticas de estas criaturas, otras denotan los colores de su plumaje y los despliegues de sus gorgueras, crestas y colas (véase su anatomía en la página 29 de *Colibríes de México*). Sin duda, el arte del maestro Pineda acompañará el imaginario y la contemplación de los lectores de esta primera edición. Son poquísimos los errores en la obra, pero debo mencionar que la ilustración de *Lophornis brachilophus* tiene las plumas de la cola naciendo a media espalda, y que las ilustraciones de *Eugenes fulgens*, *Lamprolaima rhami*, *Calothorax lucifer*, *Cynanthus latirostris*, e *Hylocharis leucotis* no hacen justicia a la belleza de estos colibríes.

Los mapas que acompañan la obra, ilustran consistentemente la distribución geográfica de las especies del libro, incluyendo algunas observaciones aisladas de Estados Unidos y Canadá. Esto último sugiere que algunas especies, en su mayoría migratorias, están expandiendo su distribución hacia el norte, o en otras regiones de México hacia el este o el oeste. Ningún mapa de especies de colibríes endémicas de México había mostrado observaciones fuera del área de distribución. En este caso podría deberse a que no hay datos o porque sus poblaciones tal vez están respondiendo de manera distinta que las especies migratorias en Estados Unidos y Canadá. En realidad nada de esto le quita mérito alguno al libro, sigue siendo una publicación por la cual hay que celebrar y felicitar efusivamente a los autores y a la CONABIO. Espero que *Colibríes de México* llegue a las manos de los que hemos hecho un pacto de sangre hasta la muerte con las aves, incluyendo a nuestros descendientes académicos, pero además que llegue a las del amplio público.

Juan Francisco Ornelas. Es investigador titular "C" de tiempo completo del Instituto de Ecología, AC en Xalapa y dirige el laboratorio de Ecología Evolutiva de Interacciones. Realizó su licenciatura en biología en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Después llevó a cabo estudios de maestría y doctorado en la Universidad de Arizona en Tucson. Sus intereses académicos incluyen la polinización por colibríes, evolución del canto en aves, especiación y la filogeografía.

Para saber más

- McGuire, J. A., Witt, C. C., Altshuler, D. L., y Remsen, J. V. 2007. Phylogenetic systematics and biogeography of hummingbirds: Bayesian and maximum likelihood analyses of partitioned data and selection of an appropriate partitioning strategy. *Systematic Biology*, 56: 837-856. DOI: 10.1080/10635150701656360
- McGuire, J. A., Witt, C. C., Remsen Jr, J. V., Corl, A., Rabosky, D. L., Altshuler, D. L., y Dudley, R. 2014. Molecular phylogenetics and the diversification of hummingbirds. *Current Biology*, 24:910-916. DOI: 10.1016/j.cub.2014.03.016
- Ornelas, J. F., González, C., Espinosa de los Monteros, A., Rodríguez-Gómez, F., y García-Feria, L. M. 2014. In and out of Mesoamerica: temporal divergence of Amazilia hummingbirds ore-dates the orthodox account of the completion of the Isthmus of Panama. *Journal of Biogeography*, 41(1):168-181. DOI: 10.1111/jbi.12184



Opinión

De las revistas de publicación científica y la danza de los millones de dólares: una reflexión

Víctor L. Barradas

Hace ya algún tiempo, cuando empecé esta profesión que ejerzo ahora, estaba escribiendo mi tesis de licenciatura. Recuerdo que por alguna circunstancia necesitaba la información que se encontraba en un artículo publicado en una revista internacional de la especialidad, ya que lo había visto citado en algún trabajo, y aunque no era crucial, sí despertó mi curiosidad. Sin saber qué hacer, se me ocurrió escribir a la revista solicitando el artículo, e incluí un billete que creí sería un pago justo. Al cabo de un tiempo, recibí en mi domicilio, una fotocopia del artículo solicitado y una carta en la que me explicaban que el procedimiento no era como yo lo había realizado, sino que cualquier material de este tipo, tenía que solicitarlo directamente al autor. Para mi sorpresa, junto con la fotocopia venía el billete que yo había incluido. Esto probablemente porque las editoras vendían las revistas a la comunidad científica a través de las bibliotecas de las universidades.

De esto tuve dos lecciones. La primera fue que debía comunicarme directamente con el autor de cualquier comunicación publicada en este tipo de revistas, para que me proporcionara "libre de cargos" un sobretiro (reprint) de su investigación realizada. Como más tarde sabría, ese sobretiro y otros más, eran "el pago" que la revista realizaba al autor por la cesión de derechos de autor. También me enteré después que las revistas no sólo se apropiaban los derechos de autor, sino que algunas de ellas realizaban un cargo extra por la publicación, es decir, le cobraban al autor por publicar sus resultados. Esta es una de las dos entradas económicas que tienen este tipo de revistas, la otra es la venta de suscripciones.



Aprender la segunda lección tomó mucho más tiempo que la primera y ha sido de las peores, pues involucra a la mercadotecnia al servicio de las grandes editoriales del mundo frente a la globalización como veremos enseguida. Me di cuenta que se dejó de lado la humildad científica, para dar paso a la soberbia y la tiranía editorial. Esta segunda lección me tomó más tiempo vislumbrarla, porque ha tomado tiempo el que se arme una estructura que permitiera que la publicación de los resultados científicos y tecnológicos se convirtiera en un negocio multimillonario. Una de estas estructuras es el famoso Índice Thomson, que aglutina una gran cantidad de títulos de diferentes editoriales. Este índice se le denomina índice de impacto o factor de impacto y se basa primordialmente en las citas que recibe una revista en función de los artículos que publica. El prestigio de una revista se basa en el índice de impacto. Entre más alto sea este índice, más alto es el prestigio de la revista. Por lo tanto, cualquier manuscrito que es aceptado y publicado en una revista de alto impacto, también goza de su prestigio, prestigio que se hace extensivo a su(s) autor(es).

No obstante, esto va más allá de lo que es la trama editorial, pues los investigadores que publican en este tipo de revistas obtienen las mejores calificaciones en aquellas estructuras dedicadas a bonificarlos, y como parece obvio, estas estructuras fomentan que los investigadores publiquen en esas revistas. Con ello se ha dado una carrera que parece no tener fin, pues cada vez la competencia por publicar en determinadas revistas es mayor, y los editores escogen los "mejores" trabajos y los publican, rechazando una gran cantidad de manuscritos, y no es porque no sean buenos sino porque no hay ya espacio para ellos o no promete un buen número de citas.

Otra parte de la gran estructura de la mercadotecnia es la corrección de la sintaxis y ortografía, o de estilo de los manuscritos. Generalmente, muchas de las publicaciones se realizan en el idioma inglés, todo aquel autor cuya lengua materna no es este idioma, aunque esté escrito perfectamente, es invitado a que alguien de esa lengua materna lo revise o enviar su manuscrito a un corrector de estilo, correctores que implica un pago extra muy alto. Antaño, algunos árbitros/revisores realizaban esta corrección y sugerían los cambios a efectuar.

Poco a poco, las revistas editadas en todos los países del mundo han ido formando parte del Índice Thompson. Tal es el





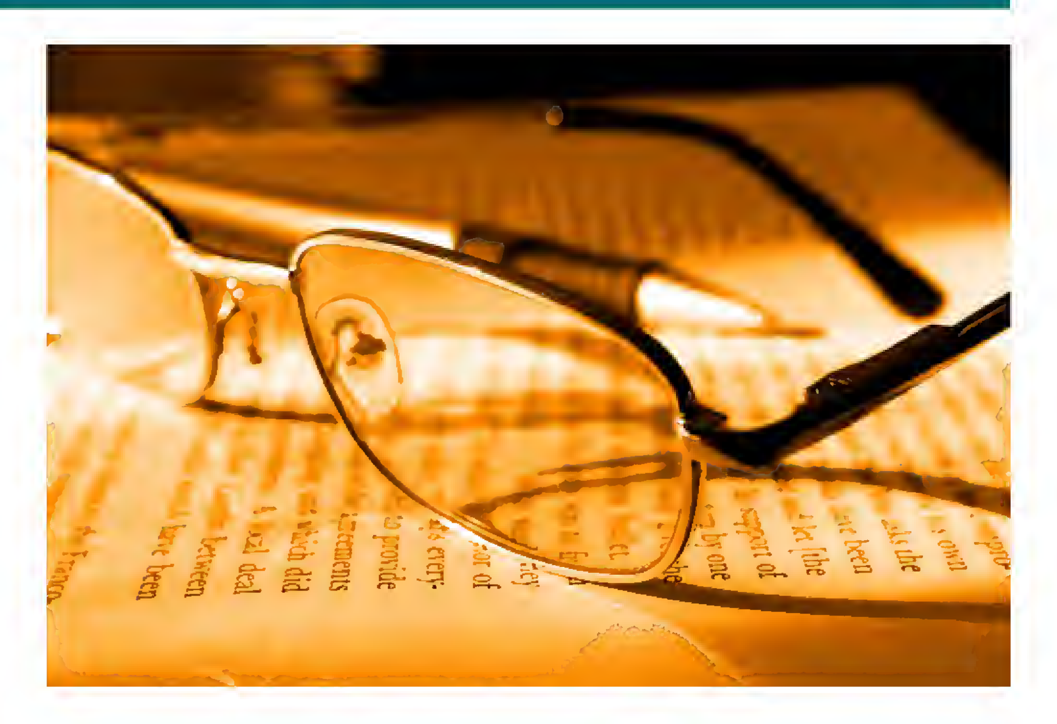
caso de México, que tiene inscritas 43 revistas en total, de las que 36 cuentan con un índice de impacto que va de 0.0 a 2.5; 80.5% entre 0 y 0.5,11.1% entre 0.5 y 1.0, y el resto entre 1.0 a 2.5. Así, sólo un 8.4% puede considerarse como de mucho prestigio.

La mayor parte de la generación de la investigación científica en México se encuentra auspiciada por fondos que destina el gobierno para ese menester, con base en proyectos que presentan los investigadores. Es decir, la investigación se lleva a cabo primordialmente con el apoyo del pueblo mexicano.

El negocio de las grandes editoriales de la publicación de la investigación que se hace en el mundo es un sistema donde no hay riesgos, pues no fomentan la investigación destinando fondos para ello, y comercian con un producto que de ninguna manera generaron o les pertenece. Por si fuera poco, la viabilidad o validez de los manuscritos no la determinan ellos, sino que sus editores en jefe, que le solicitan su fallo a otros investigadores expertos en el tema de otros centros ajenos a aquel donde se generó el manuscrito (árbitros o revisores). Si estos árbitros, que generalmente son dos, fallan a favor, entonces el manuscrito se publica, pero si la decisión es negativa, no lo publican. Esta tarea (*non grata*) de los árbitros, no es pagada ni mucho menos, y tampoco asegura que si alguno de los revisores envía un manuscrito para su posible publicación, éste sea publicado.

Por otro lado, si es de interés consultar una investigación publicada en alguna revista de las grandes editoriales y uno no se está suscrito a la revista (ya sea personalmente o alguna universidad en que la persona pueda tener acceso) es necesario pagar para obtener el sobretiro correspondiente y estos precios van de $25 a 45 dólares, dependiendo de la revista y de la editorial.

Actualmente ha proliferado la práctica de free-on-line, que no es más que cualquier artículo publicado se puede poner gratis en internet, y cualquier persona (no sólo científicos o investigadores) puede tener acceso a ellos. Pensado así, es una idea magnífica porque los usuarios ya no tienen que pagar por conocer las investigaciones que se están realizando, o solamente enterarse que investigaciones se realizan en el ancho mundo sin costo. No obstante, esta práctica tiene una trampa y es la de que los autores tienen que pagar una fuerte suma que varía entre las diferentes editoriales o diferentes revistas pero que pueden alcanzar un costo de hasta $3,000 dólares o más por artículo. Es decir, cualquier mexicano puede tener acceso a las investigaciones que realizamos los investigadores mexicanos, siempre y cuando paguemos por ello. Las editoriales y revistas no pierden ni un céntimo ya que no invierten en la investigación científica como se mencionó anteriormente, aunque sí lo hacen en la infraestructuraque está destinada a mantener la información accesible a los usuarios.



Igualmente han proliferado las revistas de acceso abierto con las que al igual que el *free-on-line* cobran por la publicación. Muchas veces los editores no lo informan hasta que el manuscrito es aceptado para su publicación. No obstante, muchas revistas de este tipo son un fraude, y lo único que persiguen no es publicar un manuscrito con cierta la calidad, sino que se pague por la publicación. Pese a esto, hay revistas que sí evalúan los manuscritos, pero muchas de ellas no están en el Índice Thompson, por lo que los científicos las descartan por la exigencia que existe de publicar solo en revistas que tengan factor de impacto.

Esto nos habla de un capitalismo rentista puro, en el que se monopoliza un recurso público para después cobrar exorbitantes honorarios por usarlo, así se está alimentando a un parasitismo económico que no genera nada, como lo menciona el periódico Londinense *The Guardian.*

Por estas razones, es que nosotros como mexicanos deberíamos fomentar la publicación de las investigaciones que hacemos en revistas que sean de libre acceso (y nuestras), y citar las investigaciones que en ellas se publican, ya que la investigación que se realiza en México es de muy alta calidad, como lo comprueban miles de informes en forma de artículos que se encuentran rolando por el mundo cibernético.

Dr. Víctor L. Barradas. Es investigador del Laboratorio de Ecofisiología Tropical del Instituto de Ecología, UNAM. Estudia la interrelación planta-atmósfera con énfasis en el uso del agua por la vegetación y el cambio climático.

Para saber más

- Anónimo. Whiley Author Services.
- Beall, J. 2014. List of Predatory Publishers 2014. Blog: Scholary Open Access. Critical analysis of scholary open-access publishing.
- Monbiot, G. 2011. Academic publishers make Murdoch look like a socialist. The Guardian.
- Redacción. 2013. Llamada Nobel de Medicina a boicotear a revistas científicas. La Jornada.
- Thomson Reuters Journal Citation Report



